www.radio.ru

8•2020

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

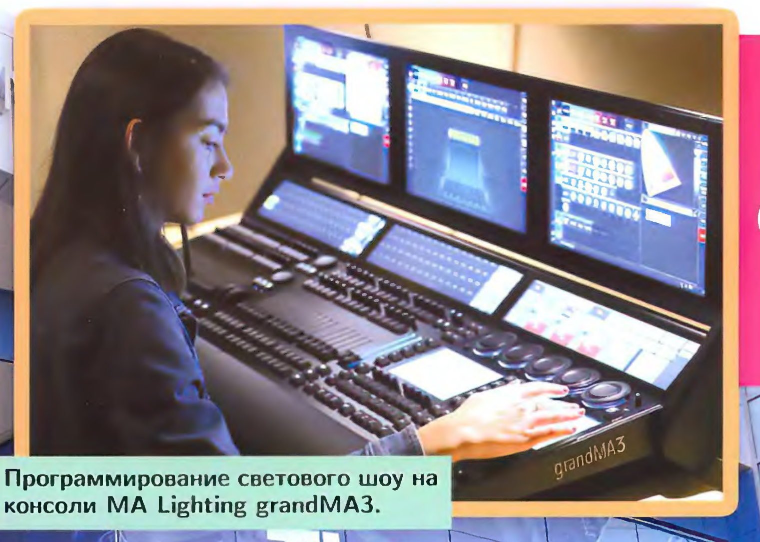


NAMM 2020: синтезаторы

Е. СТЕПАНОВА, г. Москва

(см. статью на с. 7)

Выставка NAMM Show 2020 проходила в Анахейме (Калифорния) с 16-го по 19 января 2020 г.



Программирование светового шоу на консоли MA Lighting grandMA3.



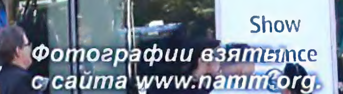
Диджей — женская профессия!



Демонстрация современного аналогового синтезатора Korg ARP 2600 FS.



На стенде Roland/Boss — как всегда, рай для гитаристов.



Фотографии взяты с сайта www.namm.org.

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Открытые лица 4

ВЫСТАВКИ 7

Е. СТЕПАНОВА. NAMM 2020: синтезаторы 7

ЗВУКОТЕХНИКА 12

Д. ПАНКРАТЬЕВ. Гибридный УМЗЧ на лампах 1П24Б 12
В. ФЕДОСОВ. Гибридный балансный усилитель с коротким звуковым трактом, или Hi-Endный по-русски 17

РАДИОПРИЁМ 19

В. ГУЛЯЕВ. Новости вещания 19
А. БАШИРОВ, С. БАШИРОВ. УКВ-тюнер для музыкального центра 20

КОМПЬЮТЕРЫ 22

В. ИНШАКОВ. Настройка среды Microsoft Visual Studio на компиляцию программ для одноплатного компьютера Omega2 22

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 28

В. СТЕПАНОВ. Зарядные устройства с автоматическим отключением 28

ИЗМЕРЕНИЯ 30

И. БОГАТЫРЁВ, В. ДОЦЕНКО. Повышение точности измерения ЭПС конденсаторов 30
Б. БАЛАЕВ. Усовершенствованный измеритель ёмкости и ЭПС конденсаторов 32

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 35

И. НЕЧАЕВ. Регулятор яркости для нескольких светодиодных модулей F6040 35
А. МЕЛЬНИКОВ. Выключатель с однокнопочным управлением—2 37
И. НЕЧАЕВ. Светодиодный индикатор сетевого напряжения 40

Памяти Александра Сергеевича Долгого 41
А. ДОЛГИЙ. Автоматический телеграфный ключ на транзисторах 42
А. ДОЛГИЙ. Цифровой индикатор положения антенны с сельсином 43
А. ДОЛГИЙ. Использование вывода 5 таймера NE555 47
А. ДОЛГИЙ. О настройке тактового RC-генератора, встроенного в МК PIC12F629 и PIC12F675 48

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ 50

Наша консультация 50

"РАДИО" — О СВЯЗИ 51

Мемориал А. С. Попова 2020 — итоги 51
Г. ЧЛИЯНЦ. Леонтий Владимирович Кубаркин (19RA) — коротковолновик-конструктор 53
В. НЕСТЕРОВ. Мемориал "Победа-75" 54
А. БОРЗЕНКОВ. Работа и жизнь. "Беллинсгаузен", 1984 год, 29-я САЭ 55

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 57

Д. МАМИЧЕВ. Управление гексаподом с помощью гироскопа и акселерометра смартфона 57
И. НЕЧАЕВ. Светодиодный светильник с акустическим включением и таймером 60
С. РЮМИК. Ответы на викторину "Микроконтроллеры и измерения" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 37, 56).
ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 7, 28, 31, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Участники радиоэкспедиции "Победа-75", слева—направо: Андрей Кожевников (R9JAX), Анатолий Гончаров (RA8J), Олег Краснухин (RA9JM), Дмитрий Шайдуров (UA9JLI), Валерий Нестеров (RA9J) (см. статью на с. 54).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ДОРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЦМУ
МУЛЬТИПУЛЬТ ДЛЯ ГЕКСАПОДА
СЧЁТЧИК ВРЕМЕНИ РАБОТЫ РЭА
ВОЛЬТМЕТР С ШЕСТИРАЗРЯДНЫМ ИНДИКАТОРОМ

Тираж журнала «Радио» № 7 сдан для рассылки подписчикам 06.07.2020 г.



8•2020
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

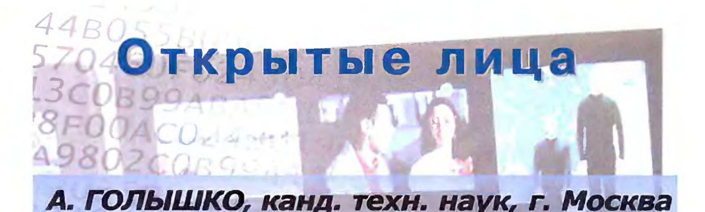
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.06.2020 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 02113-20.



Открытые лица

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"— Мало ли на свете людей, похожих друг на друга...".
— Да, но есть лица, которые никогда не забываются".

(Эрих Мария Ремарк. "Триумфальная арка")

Казалось бы, лишь совсем недавно компьютерная программа научилась отличать изображение собаки от изображения человека, и вот уже речь идёт о точной идентификации человека по его лицу, где бы и в чём бы этот человек ни находился. Распознавание лиц (face recognition) уже используется как для блокировки смартфонов, так и для обеспечения национальной безопасности. Технологических реализаций также немало — от систем на основе IP-камер с функцией встроенного видеоанализа до серверных и облачных решений.

С появлением мощных компьютеров практически все ведомства возвращаются к идентификации посредством сканирования лица. Бум на технологию в ведомствах и спецучреждениях по всему миру пришёлся на середину 2000-х годов. В наши дни популярность технологии распознавания лиц в разных сферах деятельности продолжает расти. К примеру, Сбербанк — один из лидеров в части анонсирования различных громких проектов face recognition. Теперь он узнает тебя из тысячи. Банкомат с идентификацией лиц не даст злоумышленникам снимать деньги с чужих карт. С той же целью банк объявил сбор биометрических данных (аудиозапись голоса, видеозапись лица) клиентов. За 2018 год финансовое учреждение успело протестировать face recognition в московском метро и даже оперативно поймать 42 преступника.

Китай на данный момент можно назвать лидером по эффективности использования камер видеонаблюдения и поиска людей с их помощью, а также в области распознавания лиц полицейскими с помощью специального оборудования. В декабре 2017 г. корреспондент BBC доказал это с помощью эксперимента, в котором его фото внесли в базу, придав ему статус подозреваемого. Полиция в течение 7 мин нашла его в городе с населением 4 млн человек.

За миллионами камер стоит система распознавания лиц и объектов, которая одновременно следит за огромным количеством граждан и гостей страны, передвижением транспортных средств. Эта же система определяет друзей и близких человека исходя из их встреч. В стране работают почти 200 млн камер наблюдения, из которых более 20 млн — новейшие устройства с искусственным интеллектом (ИИ), разработанные в рамках операции Sky Net по поиску коррупционеров, подпольных банков и других преступников.

В апреле 2017 г. для борьбы с неаккуратными пешеходами в китайском Шэньчжене на них устроили охоту с помощью камер и информационных табло. Информация о них сохраняется в базе и выводится на экран вместе с историей подобных проступков. Весной 2018 г. систему решили улучшить — не просто размещать фото на экране, а добавлять к этому отправку изображения в мессенджер. Однажды китайские полицейские поймали подозреваемого в совершении экономических преступлений за 90 км от города, в котором он скрывался, распознав его в очереди на концерт с 50 тыс. зрителей. После ареста подозреваемый сказал, что не рискнул бы на подобную вылазку, если бы

подозревал о реальных возможностях действующей в стране системы распознавания лиц.

Несмотря на случающиеся промахи, точность машинного распознавания уже нередко превосходит ту, с какой определяют лица люди. В Китае взят курс на систему, способную найти конкретного человека среди 1,3 миллиарда других жителей за 3 секунды с точностью 90 %.

Китайские компании активно внедряют технологию распознавания лиц и в финансовых областях. Финансовый гигант Ping An начал использовать собственную технологию распознавания лиц ещё в 2016 г. в подразделении потребительского кредитования. Технология улавливает еле заметные непроизвольные движения лица, позволяя выявлять мошенников, и сокращать убытки от выдачи кредитов. Технологию стали использовать и банки, тем более что она позволяет выдавать займы там, где у них нет отделений.

При выдаче крупных кредитов Ping An просит заёмщиков пройти онлайн-видеоинтервью продолжительностью до 15 мин. Компания записывает и анализирует ответы, пытаясь выявить признаки подозрительного поведения. Более года назад Ping An сообщала, что с помощью этой технологии уже выдала займы более чем на 500 млрд юаней, сократив среднее время одобрения кредитов с пяти дней до двух часов. Когда клиенты обращаются к Ping An первый раз, компания требует предоставить удостоверение личности с фотографией и снимает их лица, прося совершить некоторые движения, например, открыть рот или поморгать. Затем клиенты могут приобретать страховые продукты онлайн, сканируя лицо смартфоном, или связываться с агентами Ping An по видеосвязи. Технология помогает также Ping An оценить состояние здоровья. Сканирование лица позволяет оценить индекс массы тела человека и понять, обладает он избыточным или недостаточным весом. В зависимости от результата клиент может получить скидку на полис, предполагающий выплату до 1 млн юаней в случае тяжёлого заболевания. В Китае вообще очень популярна физиогномика, т. е. определение по лицу и его выражению типа личности, душевных качеств, состояния здоровья человека.

Интерес к распознаванию лиц логично возник из-за потенциальных выгод. Распознаванием лиц давно интересуются компании Google, Facebook, Apple и прочие IT-гиганты. Соответственно они занимаются активной скупкой подобных проектов:

2012 год. Google покупает разработчика приложения для распознавания лиц PittPatt. В том же году компания выделяет 45 млн долл для поглощения украинской компании Viewdle, занимающейся системами автоматического распознавания лиц.

2012 год. Facebook поглощает сервис по распознаванию лиц на фотографиях Face.com. Предположительная сумма сделки — около 100 млн долл.

2017 год. Apple покупает израильскую компанию RealFace, специализирующуюся на распознавании лиц. Стоимость сделки составила около 2 млн долл.

А что у нас? В РФ в середине 2016 г. случился взлёт приложения и одноименного сервиса FindFace. Используя нейронные сети, разработчики сумели воплотить в жизнь самую смелую мечту пользователей социальных сетей. Увидев человека на улице, вы могли сфотографировать его на смартфон, отправить фото в FindFace и через несколько секунд найти его страничку во "ВКонтакте". Алгоритм совершенствовался и всё лучше и лучше распознавал лица. А начиналось всё с распознавания пород собак по фотографии с помощью технологии распознавания FaceN и приложения Magic Dog.

После успеха приложения FindFace выяснилось, что распознавание лиц интересно практически в любой отрасли: пограничные службы, казино, аэропорты, любые места скопления людей, торговые площадки, парки развлечений и, конечно, у спецслужб.

В мае 2016 г. компания N-Tech.Lab приступила к тестированию сервиса совместно с правительством Москвы. По всей территории столицы разместили десятки тысяч камер, которые в режиме реального времени опознавали прохожих. И теперь вы просто проходите по двору, в котором установлена подобная камера. К ней подключена база преступников и пропавших людей. В случае, если алгоритм определяет, что вы схожи с подозреваемым, сотрудник полиции тут же получает предупреждение.

Разумеется, человека тут же можно найти в социальной сети и "пробить" по любым базам. А теперь представьте, что такие камеры установлены по периметру всего города. Скрыться злоумышленнику не удастся. Камеры есть везде, во дворах, на подъездах, на трассах. Впрочем, умерим оптимизм, не с каждой видеокамеры можно получить качественное распознавание лиц. Важно определённое разрешение, важна высота подвеса камеры. Как минимум лицо нужно увидеть. Впрочем, технологии распознавания непрерывно совершенствуются, и, к примеру, недавно сообщалось о разработке алгоритма, позволяющего распознавать людей в антивирусных масках.

На сегодняшний день только на подъездах московских многоэтажек установлено более 100 тысяч камер, умеющих распознавать лица. Более 25 тысяч установлены во дворах. Разумеется, точные цифры засекречены, но можете не сомневаться — активный контроль распространяется быстрее, чем вы можете себе представить. В целом в Москве системы распознавания лиц устанавливаются повсеместно, от площадей и мест большого скопления людей до общественного транспорта. Все камеры постоянно обмениваются информацией с Единым вычислительным центром Департамента информационных технологий Правительства Москвы. Подозрительные оповещения тут же проверяются правоохранительными органами. Только за время тестирования систем видеоаналитики МВД задержало 90 человек в Москве благодаря тысяче камер на жилых домах. Также полиции удаётся задерживать от пяти до десяти человек в месяц с помощью камер на нескольких станциях метро.

Прообразом технологии распознавания лиц в XIX веке служили сначала "портреты по описанию", а позже — фотографии. Так полиция могла идентифицировать преступников. В 1965 г. специально для правительства США была разработана полуавтоматическая система распознавания лиц. В 1971 г. к этой технологии вернутся, обозначив основные маркеры, необходимые для распознавания лиц, но ненадолго. С тех пор в качестве главного биометрического идентификатора спецслужбы всё же предпочитают проверенную технологию снятия отпечатков пальцев.

С появлением мощных компьютеров практически все ведомства возвращаются к идентификации посредством сканирования лица. Бум на технологию в ведомствах и спецучреждениях приходится на середину 2000-х годов, а в прошлом году технология стала впервые использоваться и в потребительских устройствах.

Учитывая сложность алгоритмов и высокую цену на серверное оборудование, системы распознавания лиц долгое время оставались недешёвым удовольствием. Дополнительно на стоимость решения влияет генерируемый в процессе работы большой сетевой трафик. Помимо затрат на мощные серверы приходилось инвестировать в активное сетевое оборудование и широкополосные каналы связи.

Существует несколько методов, по которым работают системы распознавания лиц, но в целом речь идёт о технологии, способной идентифицировать человека по цифровому изображению или кадру из видеоисточника. Первое, что должна сделать система, — выделить в кадре лицо и с помощью алгоритмов убедиться, что это именно человеческое лицо.

После первоначального детектирования происходит определение различных индивидуальных черт по фиксированным точкам — например, учитывается расстояние между глазами (это умеют делать сотрудники паспортного контроля) и ещё десятки других параметров лица, которые для быстрого сравнения человеку физически недоступны. Далее уже другие алгоритмы ищут по различным заранее созданным базам данных и выдают процент схожести с искомым образцом данных. Если процент схожести достаточно высок, лицо считается распознанным.

Собственно, распознавать можно по-разному. В основе наиболее массовой на сегодня технологии 2D (двумерного) распознавания лиц, лежат плоские двухмерные изображения. Алгоритмы распознавания лиц используют антропометрические параметры лица, графы-модели лиц или эластичные 2D-модели лиц, а также изображения с лица-



ми, представленные некоторым набором физических или математических признаков. Основные базы данных идентифицированных лиц, накопленные в мире, — именно двухмерные. Огромным преимуществом 2D-распознавания лиц является наличие готовых баз данных лиц эталонов и готовой инфраструктуры. К недостаткам относятся высокие коэффициенты ошибок FAR и FRR по сравнению с 3D-распознаванием лиц.

FAR (False Acceptance Rate) — вероятность несанкционированного допуска (ошибка первого рода), выраженное в процентах число допусков системой неавторизованных лиц (имеется в виду верификация). Вероятностные параметры выражаются в абсолютных величинах (10^{-5}), для параметра FAR это означает, что один человек из 100 тысяч будет несанкционированно допущен, в процентах это значение будет 0,001 %.

FRR (False Rejection Rate) — вероятность ложного задержания (ошибка второго рода), выраженное в процентах число отказов в допуске системой авторизованных лиц (имеется в виду верификация).

3D-распознавание (Three-dimensional face recognition) производится, как правило, по реконструированным трёхмерным образам. Технология имеет более высокие качественные характеристики. Хотя, конечно, и она не является идеальной. Существует несколько разнообразных технологий 3D-сканирования. Это могут быть лазерные сканеры с оценкой дальности от сканера до элементов поверхности объекта, специальные сканеры со структурированной подсветкой поверхности объекта и математической обработкой изгибов полос, либо это могут быть сканеры, обрабатывающие фотограмметрическим методом синхронные стереопары изображений лиц.

Одним из наиболее исследованных потребителями и экспертами 3D-сканеров является знаменитый Face ID от компании Apple. Опыт использования Face ID крайне интересен и показателен, потому что до недавнего времени, по сути, это было единственное устройство с технологией 3D-распознавания лиц, выпущенное на массовый рынок. 3D-технология от Apple единственная в мире использует вертикально-излучающие лазеры (VCSEL), по слухам, суммарно потрачено на разработку Face ID от 1,5 до 2 млрд долл. Поставщиком VCSEL для Apple выступают две компании — Finisar Corp и Lumentum Holdings.

Разумеется, идеального ничего не бывает. "Моментом истины" для face recognition является, например, задача идентификации близнецов. А вот с нею Face ID, оказывается, не справляется, хотя этого никто и не ожидал. В среднем в мире рождается 13,1 близнецов на 1 тыс. новорождённых, и эта цифра сильно колеблется в зависимости от географического региона. Впрочем, ошибки встречаются даже с близкими родственниками. Так что работа продолжается. Кстати, поначалу Face ID не различал уроженцев Азии, но проблему настолько быстро решили, что компании Apple даже не успели вчинить ни одного иска за расизм (страшно представить, во что бы это вылилось в наши дни).

В целом преимуществом систем 3D является большая точность и меньшее количество ошибок, пока недостижимое для 2D-систем распознавания лиц. Однако выяснилось, что 3D достаточно легко подделать для профессионалов. Даже столь непростой Face ID был взломан вьетнамской компанией Bkav сразу после поступления в продажу. Маска была создана профессионалами с помощью 3D-принтера, а себестоимость её создания оказалась всего 150 долл.

В общем, не рекомендуется использовать 3D-распознавание лиц для защиты от несанкционированного доступа к ноутбукам, смартфонам, помещениям с особым уровнем секретности, все они могут быть с лёгкостью взломаны профессионалами. А ещё 3D-распознавание требует специальных камер для сканирования, которые в несколько раз дороже обычных камер видеонаблюдения, которые используются в 2D-распознавании. Отсутствие готовых баз данных идентифицированных лиц по сравнению с 2D-распознаванием — ещё одна проблема 3D-систем. Ну а по поводу распознавания близнецов уже упоминалось выше. Так что же делать?

Можно, к примеру, проводить распознавание лиц по текстуре кожи лица. Изображения с высоким разрешением — ещё один фактор в совершенствовании технологии распознавания лиц, когда стал возможен очень подробный анализ текстуры кожи. При таком анализе определённая область кожи лица может быть захвачена как изображение, а затем разбита на более мелкие блоки, которые превращаются в математические измеримые пространства, в которых записываются линии, поры и фактическая текстура кожи. Технология может идентифицировать различия между близнецами. В случае объединения распознавания лица с анализом поверхностной текстуры точность идентификация может сильно увеличиться.

Использование тепловизионных камер для целей распознавания лиц на данный момент считается ещё одним перспективным направлением для разработки, однако готовых для внедрения коммерческих решений пока нет. Зато есть коммерческий потенциал, поскольку такие системы позволяют распознавать лица в полной темноте и в условиях недостаточного освещения. Макияж, причёска, борода, шляпа, очки не являются проблемой для тепловизионных камер, с помощью которых можно распознавать близнецов. Не секрет, что пандемия вируса нанесла определённый удар по face recognition, обязав всех граждан ходить в масках. Идентификация может производиться по заранее созданным термограммам определённых лиц. Правда, здесь проблемы те же, что и с 3D-распознаванием, — готовых баз эталонов нет, а оборудование дорогое. Можно вести идентификацию человека по изображениям, полученным с тепловизионной камеры, а в качестве лиц эталонов использовать базу данных обычных 2D-изображений. Решается такая задача с использованием глубоких нейронных сетей.

Впрочем, распознавание лиц по текстуре кожи и по тепловизионному изображению пока работает только в лаборатории, и то неидеально. Но ведь это пока...

Для качественной работы технологии распознавания лиц нужно несколько составляющих. Во-первых, сам сервер, на котором будут храниться и база данных, и подготовленный алгоритм сравнения. Во-вторых, продуманная и натренированная нейросеть, которой "скормили" миллионы снимков с пометками. Обучают такие сети простым перебором базы данных изображений. Загружают снимок и представляют его системе — "это Пётр Николаев", затем следующий. Нейронная сеть самостоятельно распределяет векторы признаков и находит геометрические закономерности лица таким образом, чтобы затем самостоятельно узнать Петра из тысяч других фотографий.

Далее основная сложность решения на данный момент заключается не в самих технологиях (алгоритмах), а в реализации. Системы распознавания развиваются в нескольких направлениях, классифицируемых в зависимости от подхода к обработке информации. Подчас трудно выбрать, какая именно система лучше справится с конкретной задачей.

Данные можно обрабатывать в облаке, на локальных серверах, развёрнутых в периметре безопасности предприятия, или непосредственно на камерах. В последнем случае весь анализ осуществляется самой камерой, а на сервер поступает уже обработанная информация. Главное достоинство системы — это высокая точность и возможность подключить к одному серверу большое число устройств. При кажущейся простоте и лёгкости масштабирования у этой технологии тоже есть минусы. Один из них — высокая цена. Плюс к этому, на данный момент нет единого стандарта представления информации, которую специализированные камеры передают на сервер. И набор данных может сильно различаться у разных поставщиков решений.

Идентификация лиц в реальном времени и реальных условиях неразрывно связана с системами видеонаблюдения, где лица буквально выхватываются из снимаемого камерами видеопотока. Представим себе качественную современную камеру видеонаблюдения, размещённую чуть выше среднего человеческого роста в хорошо освещённом месте. Перед ней каждый день проходит примерно одинаковое количество примерно одних и тех же людей. Двигаются они не очень быстро. Снятое видео может храниться в облачном архиве. К камере подключается аналитический модуль — сложное сочетание алгоритмов плюс поль-

зовательский интерфейс. Модуль выхватывает лица из видеопотока, определяет пол, возраст и заносит данные в базу. Постепенно изображений становится больше. Система запоминает все распознанные лица автоматически и заносит их в архив, а пользователь с допуском указывает дополнительные данные: имя, должность, статус и прочие отметки (VIP-гость или вор). Можно загрузить фото нужной персоны, а модуль найдёт в архиве все фиксации этого лица. Как только человек с отметкой вновь проходит перед камерой, система фиксирует это как важное событие и отправляет уведомление заинтересованным пользователям.

Можно ли обмануть алгоритм распознавания лиц? Однозначно на этот вопрос ответить сложно, потому что единственного идеального алгоритма распознавания лиц не существует, а защищаться сразу от всех существующих вряд ли возможно. Большие очки, наклеенная борода, кепка, высокая скорость перемещения, специальный макияж (например, нарисованная на лице решётка, котики, кружочки, палочки и пр.) — всё это способно запутать алгоритмы, причём особенно в совокупности применения. Но в условиях большого города подобным персонажем заинтересуются первые же встречные патрульные полицейские.

Вероятно, в будущем сфера распознавания лиц в системах видеонаблюдения будет регулироваться аналогично текущей практике работы с идентификацией лиц в Интернете. Учитывая развитие технологий, пора закреплять собственное изображение соответствующим патентом и давать разрешение на его использование за плату. Ну а стремящиеся к конфиденциальности люди никуда не денутся, они не загружают в Сеть лишнего.

В мае 2019 г. президент Владимир Путин поддержал стратегию развития ИИ в России. Центром экспериментов должна стать Москва. Среди прочего власти столицы вместе с МВД планируют установить в городе до 200 тыс. камер с технологией распознавания лиц. Что дальше?

Далее, очевидно, везде...

По материалам ***yandex.ru, lifehacker.ru, securityrussia.ru, sigma-is.ru, vedomosti.ru, habr.com, The Wall Street Journal***

NAMM 2020: синтезаторы

Е. СТЕПАНОВА, г. Москва

Каждый год в середине января в калифорнийском городе Анахайме проводится музыкальная выставка NAMM Show, организуемая Национальной Ассоциацией музыкальных производителей (National Association of Music Merchants). Здесь в самом начале года на суд профессионального сообщества представляются новые модели синтезаторов, акустических и электронных музыкальных инструментов, а также микрофоны, диджейские "вертушки", оборудование для студий звукозаписи любого ранга. За "калифорнийской" волной новинок весной следует "франкфуртская". Ещё одна важная дата — май, когда в Берлине проводится выставка Superbooth: когда-то организаторы "суперстенда" занимали небольшой закуток на франкфуртской Musikmesse, где демонстрировались синтезаторы малоизвестных разработчиков, но за последнее десятилетие Superbooth превратилась в самостоятельное мероприятие, ежегодно привлекающее многочисленных поклонников электронных музыкальных инструментов.

Новинки, последовательно представляемые в Анахайме, Франкфуртена-Майне и Берлине, обычно добираются до нашей страны ближе к осени, когда в Москве проводится ежегодная музыкальная выставка в Сокольниках. Однако в этом году франкфуртская Musikmesse и московская Prolight + Sound NAMM/Musikmesse отменены в связи с нестабильной эпидемиологической ситуацией, а берлинская Superbooth прошла в онлайн-режиме. Пока мы с нетерпением ждём восстановления жизнедеятельности музыкального сектора в полном объёме, имеет смысл поговорить о том, что интересного из области "синтезаторостроения" было показано в Анахайме с 16-го по 19 января 2020 г.

MIDI 2.0

Важным событием для музыкальной индустрии стало объявление о том, что разработчики протокола MIDI 2.0 завершили оформление спецификации. Техническая документация вскоре будет опубликована и доступна для разработчиков во всём мире.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) — технический стандарт, описывающий протокол обмена данными, цифровой интерфейс и электрические разъёмы, обеспечивающие коммуникации между различными электронными устройствами (синтезаторами, клавишными инструментами, звуковыми модулями, ритм-машина-



MIDI-контроллер Roland A-88MKII с поддержкой стандарта MIDI 2.0.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2020

Словарь к статье Е. Степановой "NAMM 2020: синтезаторы"

Арпеджиатор (от слова "арпеджио") — функция аппаратного или программного синтезатора, позволяющая создавать автоматические последовательности нот на основе аккорда, нажатого на клавиатуре.

Генератор огибающей — электронный узел, генерирующий управляющий сигнал, который формирует график изменения амплитуды (огибающую амплитуды) звукового сигнала. Наиболее распространённым примером является генератор ADSR. Аббревиатура ADSR описывает четыре фазы изменения уровня сигнала от момента нажатия на клавишу и до её отпускания — атака, затухание, сустейн (удержание) и сброс (Attack, Decay, Sustain, Release). Фаза атаки (Attack) определяет время, необходимое для увеличения сигнала до максимальной амплитуды после нажатия на клавишу. Затем огибающая переходит в фазу затухания (Decay), в течение которой уровень сигнала снижается, пока не достигнет заданного уровня сустейна (Sustain). Этот уровень сигнала сохраняется до тех пор, пока клавиша не будет отпущена, после чего начинается фаза сброса (Release) и уровень сигнала возвращается к нулю.

"Лестничный" фильтр (ladder filter) — схемотехническое решение, основанное на двух симметричных каскадах из четырёх транзисторов с конденсатором между каждой парой транзисторов. Запатентовано Робертом Мугом в 1969 г. и применялось в модулях Moog. Считается одним из самых музыкально звучащих фильтров. Синтезаторы, в конструкции которых используется "лестничный" фильтр, отличаются богатыми, "густыми" тональными характеристиками.

Матрица модуляции — способ коммутации "источник-цель" для изменения параметров одного сигнала с помощью другого. В качестве источника (source) может использоваться, например, генератор НЧ (LFO), колесо модуляции, параметры aftertouch или velocity, а в качестве цели (destination) — частота среза фильтра, высота тона сигнала, уровень реверберации и т. д. Матрица модуляции широко применяется в синтезаторах, как аппаратных, так и программных, и позволяет свободно создавать и изменять наборы "источник-цель". В программном виде матрица реализована в виде окна (Mod Matrix), в котором выбор source и destination происходит с помощью раскрывающегося списка в соответствующих слотах. В аппаратных синтезаторах матрица может быть выполнена как коммутационная панель — в виде "таблицы" с вертикальными и горизонтальными рядами, в которой назначение "источник-цель" происходит с помощью кнопок (16 источников × 16 целей в современном Arturia MatrixBrute) или с помощью разъёмов и коммутационных кабелей (в модульных синтезаторах 1960-х и 1970-х гг.).

Полифония — применительно к синтезаторам означает число нот, которые можно сыграть одновременно. Исчисляется в голосах. Ранние модели были одноголосными (в англоязычной литературе используется термин monophonic, но в данном контексте не переводится как "монофонический"), вслед за ними появились двухголосные (duophonic) и т. д. Число голосов напрямую связано с числом генераторов тона. Существует также понятие paraphonic, т. е. условное многоголосие, которое отличается от истинного тем, что звук хоть и формируется несколькими генераторами, но обрабатывается в одной и той же цепи фильтров, генераторов огибающих и т. д.

Послекасание (aftertouch) — MIDI-параметр, способ генерации управляющего сигнала синтезатора на основе измерения, с какой силой нажата клавиша на MIDI-клавиатуре. Схематически это решается с помощью сенсора, расположенного под клавиатурой. Aftertouch может применяться для управления глубиной вибрато, уровнем громкости звука и т. д. Другое название этого параметра — Pressure (не путать с Velocity, параметром, определяющим, с какой скоростью нажата клавиша, и предназначенным для имитации "отклика" синтезаторной клавиатуры, как у акустических инструментов, управления громкостью или другими характеристиками звука).

Управляющее напряжение (Control Voltage, CV) — сигнал переменного напряжения, используемый для управления высотой тона генератора или частотой фильтра в аналоговом синтезаторе. Чтобы управлять аналоговым устройством, не оборудованным MIDI-входом, потребуется конвертер MIDI-to-CV.

Шаговый секвенсер — аппаратное устройство или программа, позволяющая записывать последовательность нот не в реальном времени, а в шаговом режиме, т. е. по одной ноте за шаг. Стандарт — 16 шагов, каждый из которых соответствует длительности 1/16.

PCM (Pulse Code Modulation, импульсно-кодовая модуляция) — метод, используемый в цифровых аудиосистемах для кодирования звука в виде двоичных данных. По сути, волновые формы PCM (в контексте статьи) — это цифровые сэмплы.



ми, аудиоплатами и т. д.). Первая версия появилась на свет в 1983 г. Создание MIDI было инициировано Дейвом Смитом (Dave Smith), американским инженером и основателем компании Sequential Circuits, во время проведения зимней выставки NAMM'82. Он предложил всем разработчикам синтезаторов и клавишных инструментов принять участие в создании общего стандарта, который обеспечил бы способ объединения в еди-

ную цепь оборудования разных производителей и управления одними устройствами с помощью других — например, чтобы можно играть на синтезаторе Kawai звуками любого синтезатора, будь то Moog, ARP, Sequential Circuits или Roland. В одном из интервью Смит рассказывал, что далеко не все в тот момент поддержали его идею и выразили сомнение в необходимости реализации совместимости между продукцией разных производителей: многие посчитали, что это будет чересчур затратно и мало востребовано, и лишь японские компании Roland, Korg, Yamaha и Kawai выразили готовность сотрудничать с Sequential Circuits. В результате их совместных усилий на свет появился протокол, на основе которого вот уже 37 лет функционирует самое разное музыкальное оборудование, как на концертах, так и в профессиональных, и в домашних студиях звукозаписи.

За несколько десятилетий музыкальная индустрия прошла долгий путь, появились на свет инструменты, функциональность которых настолько расширилась, что в начале 1980-х это показалось бы чем-то из области научной фантастики. Фантастика с тех пор превратилась в реальность, а спецификация MIDI оставалась неизменной. Необходимость обновления до версии 2.0 становилась всё более актуальной, поскольку старый стандарт не учитывал многое из того, что было разработано и реализовано за два последних десятилетия. В числе ограничений MIDI 1.0 — максимум 16 каналов MIDI-данных, низкое разрешение, многочисленные проблемы с синхронизацией, однонаправленность потока данных, вынуждавшая устанавливать на музыкальное оборудование отдельный MIDI-вход и MIDI-выход.

Более десяти лет Ассоциация производителей MIDI (MMA, MIDI Manufacturers Association), японская ассоциация индустрии музыкальной электроники (AMEI) и многочисленные компании от Roland и Yamaha до Ableton и Native Instruments работали над стандартом MIDI 2.0. В новой версии протокола учтены все современные требования, и, что немаловажно, предусмотрена обратная совместимость: новые устройства, оборудованные MIDI 2.0, смогут принимать и передавать данные MIDI 1.0. Таким образом, в любом гибридном наборе, состоящем из старого оборудования, работающего на MIDI 1.0, и нового, снабжённого функциональностью MIDI 2.0, старые модели будут работать как раньше, а новые обеспечат доступ к возможностям обновлённой версии MIDI-протокола.

Компания Roland уже объявила о выпуске первого контроллера с поддержкой MIDI 2.0 — это модель Roland A-88MKII. Можно надеяться, что и другие производители не заставят себя долго ждать.

Korg Wavestate

Демонстрация нового детища компании Korg — синтезатора Wavestate, который является современным аналогом легендарного Korg Wavestation, вызвала настоящий фурор. Тенденция выпускать современные версии инструментов, получивших "культовый" статус благодаря их использованию в музыке 1970-х и 1980-х годов, возникла в последнее десятилетие в связи со стойким интересом к ретро-звучанию электронных музыкальных инструментов. Компании, в своё время прославившиеся удачными изобретениями, взялись за перевыпуск таких моделей, расширяя их функциональность с учётом современных требований.



Korg Wavestate.

Для начала немного истории. Синтезатор Korg Wavestation выпускался с 1990 г. по 1994 г. Его можно услышать на альбомах таких музыкантов и групп, как Vangelis, The Future Sound of London, Genesis, Depeche Mode. В этом синтезаторе были воплощены две новаторские на тот момент разработки: векторный синтез (vector synthesis) и метод секвенсирования волн (wave sequencing). Векторный синтез был разработан Дейвом Смитом для синтезатора Prophet VS, но после того как компания Sequential прекратила деятельность, Смит сотрудничал с Yamaha, затем основал калифорнийское отделение научных исследований и разработок Korg, и векторный синтез перекочевал в Yamaha SY22/TG33, а затем и в Korg Wavestation. Суть векторного синтеза заключается в том, что звуковой сигнал с выхода четырёх генераторов суммируется в реальном времени с помощью джойстика. Процесс суммирования может представлять собой очень сложное манипулирование уровнем одних сигналов относительно других, причём на практике это реализовано простым и интуитивно понятным способом. Положение джойстика определяет степень "присутствия" каждого выходного сигнала в общем миксе, что позволяет получать звуковые текстуры, развивающиеся с течением времени. На графике траектория движения джойстика выглядит как векторная последовательность в системе прямоугольных координат, отсюда название векторный синтез.

Метод секвенсирования волн, впервые реализованный в Korg Wavestation, основан на использовании волновых форм PCM, которые воспроизводятся в той или иной последовательности, с начала волновой формы или со смещением. Фактически происходит анимация тембра. В 1992 г. журнал Keyboard наградил Korg Wavestation званием "аппаратная новинка года", а в 1995 г. включил в список "Двадцать синтезаторов, которые потрясли мир". Помимо "клавишной" версии, т. е. инструмента с полноразмерной клавиатурой (61 клавиша, пять октав), выпускались рэковые (устанавливаемые в стойку) модули Wavestation A/D и SR.

В середине 1990-х годов научные исследования Korg сконцентрировались на методе физического моделирования, воплотив его в так называемых "виртуальных аналоговых" (VA) синтезаторах Prophecy, Z1 и Trinity. Это были инструменты, в которых программно моделировались физические характеристики аналогового синтеза. Проект был приоритетным у Korg, и по этой причине возвращение к Wavestation долго не входило в планы компании. Лишь в 2004 г. Wavestation получил новую жизнь в виде компьютерной программы, а в 2016 г. было выпущено приложение iWavestation для Apple iOS. Помимо этого, метод секвенсирования волн в ограниченном виде применяется в Korg OASYS и музыкальной рабочей станции Kronos.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2020

И вот, наконец, Korg выпускает Wavestate — современную копию, имеющую как сходство, так и отличие от модели 1990-х годов. В Wavestation под память, в которой хранились волновые формы, отводилось всего 2 Мбайт, а в Wavestate — 2 Гбайт (перезаписываемая память, а не ПЗУ, как в оригинале). Тем самым число звуковых источников, из которых формируется тембр, значительно увеличено. Наиболее интересные результаты получаются с использованием секвенсирования волн. Скажем, вы хотите создать звук, который начинается с сэмпла человеческого голоса, затем превращается в звук флейты, потом в звук фортепиано и т. д. Волновая секвенция Wavestate может состоять из 64 сэмплов. Выбрав нужные звуки в Sample Lane (дорожка сэмплов), вы назначаете порядок их следования, задавая цикл воспроизведения (вперёд, назад, вперёд/назад) и точки начала и конца.

Длительности каждого шага, содержащего волновые формы, могут отличаться друг от друга и устанавливаются в Timing Lane (временной дорожке). Точно так же можно изменять высоту тона каждой волны, выстраивая её в Pitch Lane. Результирующий тембр становится очень сложным, в том числе может звучать как ритмический паттерн или как плавная трансформация (морфинг) одних текстур в другие.

Что касается внешнего вида синтезатора, то Wavestate больше похож на полифонический аналоговый синтезатор Korg Minilogue, выпущенный в 2016 г., — иными словами, он мало чем напоминает своего легендарного "предка". Он лёгкий (масса — всего 2,9 кг), выполнен в пластиковом корпусе, диапазон клавиатуры — три октавы (37 клавиш). Для этого небольшого синтезатора не составит проблемы найти место в домашней студии. Из-за малого размера корпуса колёса регулировки высоты тона (Pitch) и модуляции (Mod) расположены не слева от клавиатуры, а над ней. Это может разочаровать тех, кто ожидал точной копии Wavestation, однако и они наверняка предпочтут современную панель управления прежней: многочисленные вращающиеся регуляторы и хорошо читаемый дисплей на панели Wavestate заметно облегчают программирование тембров по сравнению с минималистичным набором кнопок и двухстрочным экраном, что имелись на инструменте 1990 г.

Korg ARP 2600 FS

А вот это уже полная копия знаменитого аналогового синтезатора ARP 2600, и знатоки "винтажных" инструментов не смогут посетовать на то, что она в чём-то уступает оригиналу. Демонстрация Korg ARP FS стала заметным событием зимней выставки NAMM 2020.

Американская компания ARP Instruments, основанная в 1969 г. инженером Аланом Р. Перлманом (Alan R. Pearlman), просуществовала до начала 1980-х и прославилась благодаря трём основным моделям — ARP 2500, ARP 2600 и ARP Odyssey. Каждая из них заслуживает небольшого описания, прежде чем мы перейдём к современной версии, выпущенной компанией Korg.

APR 2500 — одноголосный аналоговый модульный синтезатор, первое детище ARP, появившееся на свет в 1970 г. Его можно услышать на альбомах David Bowie, Jean Michel Jarre, Vangelis, групп Kraftwerk, The Who и др. Синтезатор APR 2500 играет главную роль в финале фильма Стивена Спилберга "Близкие контакты третьей степени" (1977 г.) в сцене контакта с инопланетянами. По данным сайта **reverb.com**, за одиннадцать лет было выпущено 100 систем ARP 2500, и к 2017 г. только половина из них поддерживалась в рабочем состоянии.

ARP 2600, последовавший за ARP 2500, производился с 1971 г. по 1981 г. и имел полумодульную конструкцию. Эта модель завоевала популярность у музыкантов благодаря тому, что в ней был фиксированный набор основных компонентов, заранее скоммутированных между собой. "Жёсткая" коммутация синтезаторных модулей стала настоящим прорывом: существовавшие в то время конструкции составлялись из компонентов, которые нужно было приобретать по отдельности и к тому же уметь их подключать друг к другу. На ARP 2600 мог начать играть любой музыкант, абсолютно не знакомый с электротехникой. Кстати, с помощью именно этого синтезатора озвучен маленький смелый астродроид R2-D2 из фильма "Звёздные войны". Что касается использования ARP 2600 в музыке, то список просто огромен. В него входят Depeche Mode, Weather Report, Chemical Brothers, Jean Michel Jarre, Steve Wonder, Vince Clarke, Pete Townshend и многие другие известные музыканты.

ARP Odyssey — концертная модель, "ответ" Алана Перлмана Роберту Мугу, в 1971 г. покорившему музыкантов своим синтезатором Minimoog. По сути, Odyssey — это урезанная версия ARP 2600. Odyssey имел два генератора и был первой двухголосной моделью: на нём можно было играть две ноты одновременно. ARP Odyssey выпускался с 1972 г. по 1981 г. Его звуки можно услышать в записях самых разных музыкантов, в том числе Elton John, Jean-Luc Ponty, Vangelis, групп ABBA, Tangerine Dream, Jethro Tull, Kansas.

В середине 2010-х годов компания Korg приобрела права на использование торговой марки ARP и выпустила миниатюрный, а затем и полноразмерный Korg ARP Odyssey (полноразмерная модель называется ARP Odyssey FSQ). И вот теперь настало время для возрождения ARP 2600.

Korg ARP 2600 создавался с участием двух ключевых фигур, исторически входивших в инженерную команду ARP. Их имена — Дэвид Френд (David Friend) и Дэвид Мэш (David Mash). Звучание и функциональность Korg ARP 2600 максимально близки к оригинальной модели, в том числе сохранены встроенные громкоговорители и пружинный ревербератор. Из современных функций добавлены послекасание (aftertouch), линейные выходы на разъёмах XLR и MIDI-выход USB (в дополнение к стандартным MIDI-разъёмам). В конструкции Korg ARP 2600 используется три генератора с пятью вариантами сигналов (синусоидаль-



Korg ARP 2600 FS.

ный, пилообразный, меандр, треугольный и импульсный), причём для двух генераторов предусмотрена возможность ручной регулировки ширины импульса. Один генератор может применяться для модуляции частоты другого, создавая звучание, характерное для FM-синтеза.

Korg ARP 2600 оборудован четырёхполюсным фильтром VCF, управляемым напряжением (фильтр Баттерворта). Фактически можно использовать один из двух типов фильтра: ранний вариант, который имеет "лестничную" топологию (ladder filter, применялся в первых моделях ARP 2600), и более поздний, которым оборудовались все последующие синтезаторы этой марки. "Лестничный" фильтр был заменён на собственную разработку ARP, модуль VCF 4072 (полосовой фильтр НЧ с режимом самовозбуждения на установленной частоте, обеспечивающий плавный переход к резонансу, что звучало более музыкально), из-за угрозы судебного иска от Боба Мута, запатентовавшего свой VCF с "лестничной" топологией в 1969 г. Тип фильтра на Korg ARP 2600 выбирается с помощью переключателя.

Как для генераторов, так и для фильтра предусмотрена функция точной настройки (Fine Tuning); в случае с VCF эта функция обеспечивает управление высотой тона фильтра, который в режиме самовозбуждения работает как ещё один генератор, и для устранения его расстройки относительно основных генераторов может потребоваться изменить положение регулятора Fine Tuning.

Помимо основной конструкции синтезатора ARP 2600, инженеры Korg воспроизвели клавиатуру Duophonic 3620, состоящую из 49 клавиш, и дополнили её функциональность арпеджиатором и функцией "вибрато", управляемой с помощью параметра aftertouch или встроенного генератора НЧ (LFO).

Korg ARP 2600 будет выпускаться малой серией, и его цена такова, что он окажется не по карману большей части из тех, кто интересуется ретрозвучанием синтезаторов 1970-х годов. В этом (и на этот раз надо добавить "к сожалению") история тоже повторяется: оригинальные ARP (как и Moog) были "недешёвым удовольствием", недаром их могли себе позволить только успешные, профессиональные музыканты.

Sequential Pro-3

И опять мы возвращаемся к Дейву Смиту, упоминавшемуся в этой статье. Смит, которому фирма Yamaha в 2015 г. вернула права на использование его бывшей торговой марки Sequential (этот жест доброй воли был инициирован Икутаро Какехаси, японским инженером и основателем компании Roland), на выставке NAMM 2020 продемонстрировал синтезатор Sequential Pro-3. Как и все предыдущие конструкции Дейва Смита, новинка была воспринята музыкантами с большим энтузиазмом.

С 2002 г. по 2014 г. Смит выпускал синтезаторы под маркой Dave Smith Instruments, и в их числе был одноголосный синтезатор Pro-2 (модель 2014 г.), который, в свою очередь, являлся "потомком" знаменитости 1980-х — синтезатора Pro One, известного по альбомам The Prodigy, Depeche Mode, Prince, Sigue Sigue Sputnik и других музыкантов. За три года (с 1981 г. по 1984 г.) было выпущено десять тысяч синтезаторов Pro One. Этот инструмент имел встроенный шаговый секвенсер (необычное дополнение для того времени), а также арпеджиатор и различные функции модуляции звука.

Sequential Pro-3 — одноголосный инструмент с функцией paraphonic, которая позволяет играть три ноты одновременно ("условное трёхголосие", поскольку несмотря на наличие трёх генераторов, выходные сигналы с них обрабатываются в едином звуковом тракте). Новый инструмент является гибридным устройством и унаследовал лучшие качества своих предшественников. В нём реализован метод секвенсирования волн (32 набора с 16 волновыми таблицами в каждом), имеются три генератора, три LFO, четыре огибающих с функцией закольцовывания, матрица модуляции с 32 слотами, цифровые эффекты. Наличие четырёх выходов и входов CV (control voltage) позволяет использовать Pro-3 в качестве мастер-клавиатуры для управления внешними модульными системами. Секвенсирование волн, как и в случае с Korg Wavestate, подчиняется алгоритму, который задаёт пользователь.

Важная деталь — в секции фильтров Sequential Pro-3 используются три разработки, которые в мире синтезаторов считаются классикой. Первый фильтр был ранее реализован в инструменте Prophet-6, второй, многокаскадный, — в Sequential OB-6 (разработан Дейвом Смитом совместно с Томом Оберхаймом, американским инженером и основателем компании Oberheim), плюс "лестничный" фильтр. На настоящий момент это единственная модель синтезатора, в которой собраны три таких фильтра.

Сочетание аналогового синтеза "старой школы" и возможностей цифровой эпохи, мощный секвенсер/арпеджиатор, wavetable-синтез и морфинг сигналов гарантируют востребованность этого инструмента в современной электронной музыке, в первую очередь в стиле "индастриал". Память Pro-3 вмещает 512 фабричных и 512 пользовательских программ. Инструмент выпускается в двух версиях — стандартной и SE (special edition, выполнен в деревянном корпусе с регулируемым углом наклона панели управления).

Резюмируя вышесказанное, можно с уверенностью утверждать, что наступило удивительное время. На дворе 2020-й год, и мы рассуждаем о современных аналоговых синтезаторах, за последние несколько лет вошедших в нашу реальность благодаря усилиям ведущих разработчиков (многие из них сами являются легендами зарубежного "синтезаторостроения"), а не только ностальгически вздыхаем о "винтажных" аналоговых инструментах почти полувековой давности. И ещё раз хочется выразить надежду, что музыкально-выставочный сектор восстановит свою работу после пандемии (или несмотря на неё), и вскоре отечественные музыканты и энтузиасты звукозаписи смогут попробовать все новинки в действии, на выставках и в салонах музыкальных магазинов. Пусть это произойдёт как можно скорее!

Подборку видеосюжетов с демонстрацией возможностей синтезаторов, о которых говорилось в этой статье, можно посмотреть на сайте **www.1000tracks.ru**.



Sequential Pro-3.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Гибридный УМЗЧ на лампах 1П24Б

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

За последние годы ламповые УМЗЧ прочно заняли свою нишу в индустрии звуковоспроизведения и радиолюбительской практике. Разработано множество конструкций и оригинальных схемотехнических решений. Тем не менее возможности даже классической элементной базы использованы далеко не полностью, и всё ещё остаётся широкий простор для творчества и поиска новых решений. Ламповые усилители в электротехнике сродни парусным кораблям в судоходстве. Они будут существовать всегда, и каждая конструкция по-своему уникальна.

Предлагаемый вниманию читателей УМЗЧ собран на легендарных стержневых лампах 1П24Б-В [1, 2]. Отечественные радиолюбители-конструкторы РЭА незаслуженно обходят вниманием лампы этого класса, но, например, радиолюбители Германии охотно применяют их в своих разработках.

Основные особенности УМЗЧ:
— бестрансформаторное питание анодных цепей;
— применение ионистора в выпрямителе питания накала ламп;
— ОУ в каскадах предварительного усиления;
— трансформатор ЗЧ с секционированием на основе типовых маломощных понижающих трансформаторов;
— отсутствие общей ООС;
— встроенный регулятор тембра по схеме тон-регистра.

Основные технические характеристики

Номинальная/максимальная выходная мощность, Вт 2/3
Номинальное сопротивление нагрузки, Ом 4
Коэффициент гармоник при номинальной/максимальной выходной мощности, %, не более:
на частоте 1 кГц 1,5/5
на частоте 100 Гц 2/5
Полоса воспроизводимых звуковых частот, Гц, по уровню, дБ:
–6 . . . . .60...8000
–10 . . . . .40...18000
Номинальное входное напряжение, В .1
Уровень шума (невзвешенный), дБ, не более . . . .–60
Уровень фона, дБ, не более . . . .–72
Глубина регулирования тембра на частотах 100 Гц и 10 кГц, дБ . . . .+3

Характеристики получены без предварительного подбора ламп по параметрам. Спад АЧХ в области ВЧ объясняется применением маломощных понижающих сетевых трансформаторов общего назначения в качестве выходных. Он не является критическим и может быть скорректирован с помощью встроенного регулятора тембра или внешнего эквалайзера, что не представляет проблем при широком распространении цифровых источников звука.

Малые габариты стержневых ламп и сравнительно невысокая рабочая температура корпуса (до +100 °С) позволяют отойти от господствующей ныне тенденции в конструировании ламповых УМЗЧ, вернувшись к принципам "модерна" 60—70-х годов. При этом все радиоэлектронные компоненты устройства размещаются в стильном закрытом корпусе, внешнее оформление которого соответствует духу времени. В данном случае есть также возможность расширить эти принципы, значительно уменьшив габариты корпуса. Этому способствует и отсутствие сетевого трансформатора питания. Более того, как показано далее в описании конструкции усилителя, дополнение интегрированным аудиомодулем Bluetooth/FM/USB/SD с ИК ПДУ превращает его во вполне современный медиацентр с винтажной "начинкой" и характерным "ламповым" звучанием.

Схема одного канала УМЗЧ приведена на **рис. 1**. Выходной каскад построен по классической двухтактной схеме на лампах VL1, VL2. Некоторое отклонение от типового режима связано с питанием анодной цепи повышенным напряжением 300 В. Лампы работают в режиме АВ, их рабочая точка обеспечивается при значительном напряжении смещения на управляющей сетке, равном –20 В, которое подаётся через резисторы R12, R13. Это напряжение фиксировано, а ток покоя анодов устанавливается индивидуально для каждой лампы подборкой резисторов R14 и R15 в цепях экранирующих сеток, которые подключены к средней точке делителя напряжения R16R17. Нагрузкой каскада является выходной трансформатор Т1 с подключённой через разъём XS2 внешней АС.

При максимальной выходной мощности амплитуда напряжения на управляющих сетках ламп достигает ±18 В. Ряд современных ОУ с повышенным

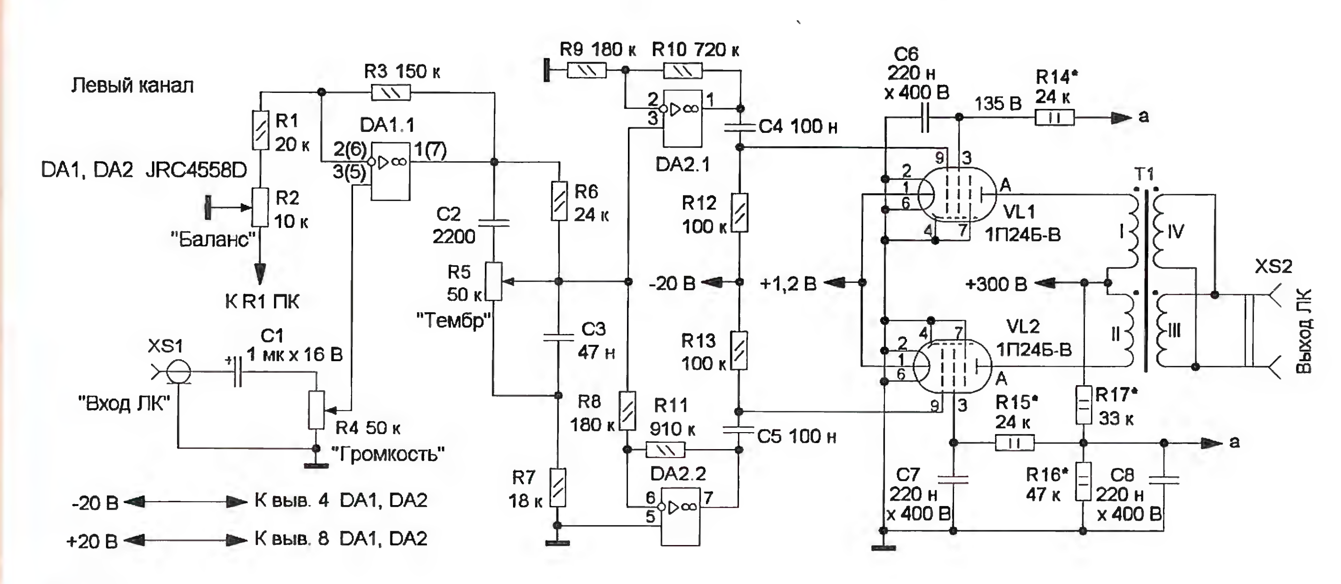


Рис. 1

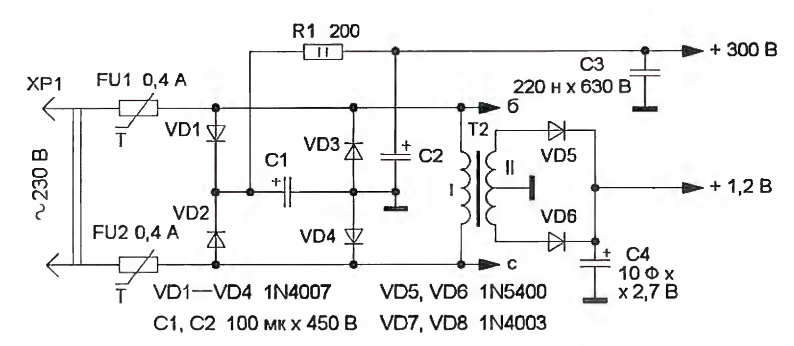
напряжением питания (±20...22 В) позволяет применить их в каскаде предварительного усиления ламповых УМЗЧ совместно с регулятором тембра. Например, ОУ JRC4558 обеспечивает размах выходного напряжения почти до напряжения питания в полосе частот до 20 кГц при напряжении питания до ±22 В [3]. В связи с этим было принято решение построить гибридный усилитель, воспользовавшись возможностями современной элементной базы.

Входной каскад выполнен на ОУ DA1.1 в стандартном включении, он охвачен ООС через резистивный делитель R1R2R3. Резистор R2 выполняет функцию регулятора баланса. Коэффициент усиления по напряжению этого каскада при среднем положении регулятора — 6.

Далее звуковой сигнал поступает на пассивный регулятор тембра, выполненный по несколько необычной схеме с одним переменным резистором. Это модификация полузабытого тон-регистра с плавной регулировкой уровня. Подобные регуляторы были популярны в 50—60-х годах прошлого века. Принцип его работы следующий. В нижнем по схеме положении движка резистора R5 АЧХ близка к линейной во всём диапазоне частот. Коэффициент передачи регулятора −6 дБ на частоте 1 кГц. При перемещении движка резистора R5 вверх проявляется подъём АЧХ на НЧ, причём низкочастотная точка перегиба в процессе регулирования сдвигается в область более низких частот. При дальнейшем перемещении движка верхняя (по схеме) секция резистора R5 включает в работу конденсатор C2, что приводит к подъёму ВЧ. Применение регулятора тембра с такой характеристикой основано на опыте эксплуатации многочисленных типов бытовой РЭА, в ходе которого необходимости в "завале" НЧ и ВЧ не возникало никогда, а на малой громкости, как правило, сначала требуется подъём НЧ. Последующая эксплуатация УМЗЧ подтвердила возможность выбора такого типа регулятора. При необходимости более глубокой регулировки тембра следует использовать классическую схему с раздельными регуляторами НЧ и ВЧ, однако это потребует дополнительной конструктивной доработки. Наиболее оптимально, в случае цифрового источника звука, пользоваться внешними средствами частотной коррекции.

С регулятора тембра сигнал поступает на фазоинвертор, выполненный на ОУ DA2.1, DA2.2 с коэффициентом усиления 5. С выхода каждого плеча фазоинвертора через конденсаторы C4 и C5 сигнал поступает на управляющие сетки ламп VL1 и VL2.

Таким образом, для построения полного тракта предварительного усиления двухканального УМЗЧ потребовалось три микросхемы сдвоенных ОУ. На первой микросхеме (DA1) выполнен входной каскад обоих каналов, на двух других — фазоинверторы соответствующих каналов. Как было отмечено, общая ООС в УМЗЧ отсутствует.



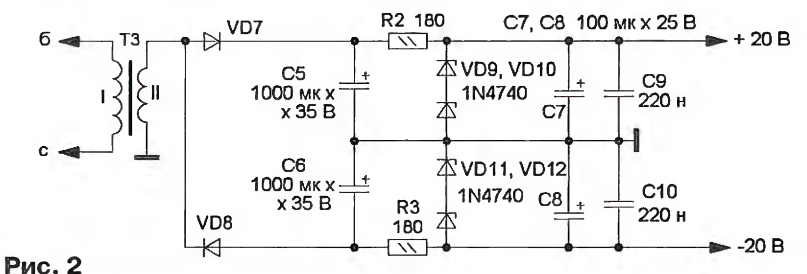


Рис. 2

Схема блока питания (БП) приведена на **рис. 2**. Здесь и далее нумерация элементов — новая, кроме трансформаторов, она продолжена. Питание анодов ламп осуществляется от двухполупериодного мостового выпрямителя на диодах VD1—VD4 со сглаживающим RC-фильтром C1R1C2. Резистор R1 также служит для понижения выпрямленного напряжения до допустимого для ламп значения (не более 300 В). На входе блока питания установлены самовосстанавливающиеся предохранители (PPTC) FU1 и FU2. Для питания ОУ использован отдельный трансформатор T3 с двухполярным выпрямителем на диодах VD7, VD8 и конденсаторах C5, C6 и параметрическими стабилизаторами R2VD9VD10C7 (+20 В) и R3VD11VD12C8 (−20 В).

Особо следует отметить способ питания прямонакальных катодов ламп. Опять же, благодаря применению современной элементной базы, в частности ионистора, удалось предельно его упростить. Типовое допустимое напряжение ионистора составляет 2,7 В, а напряжение накала большинства стерж-

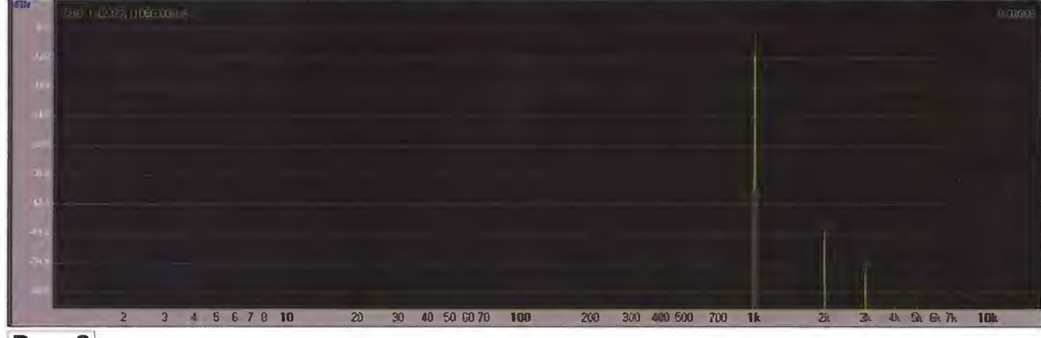


Рис. 3

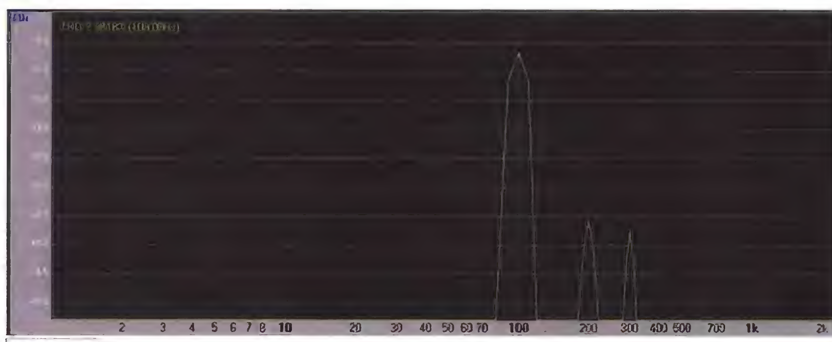


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

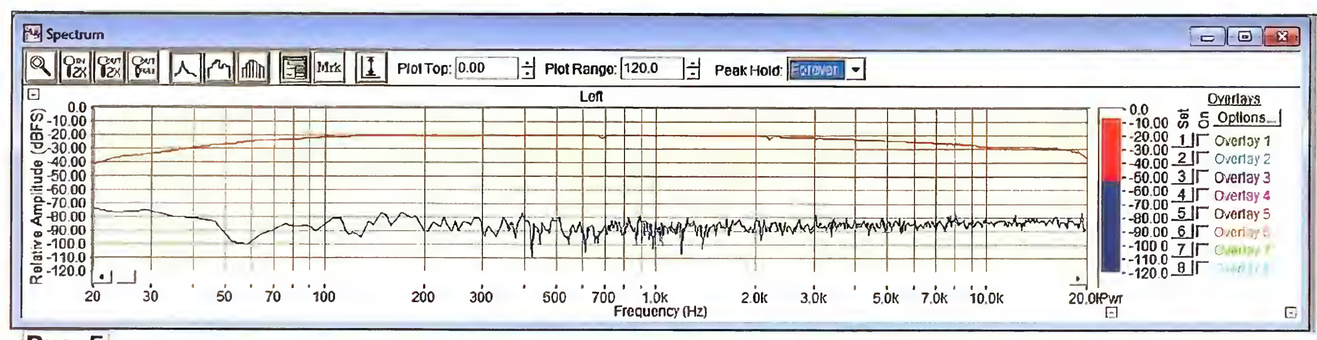


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

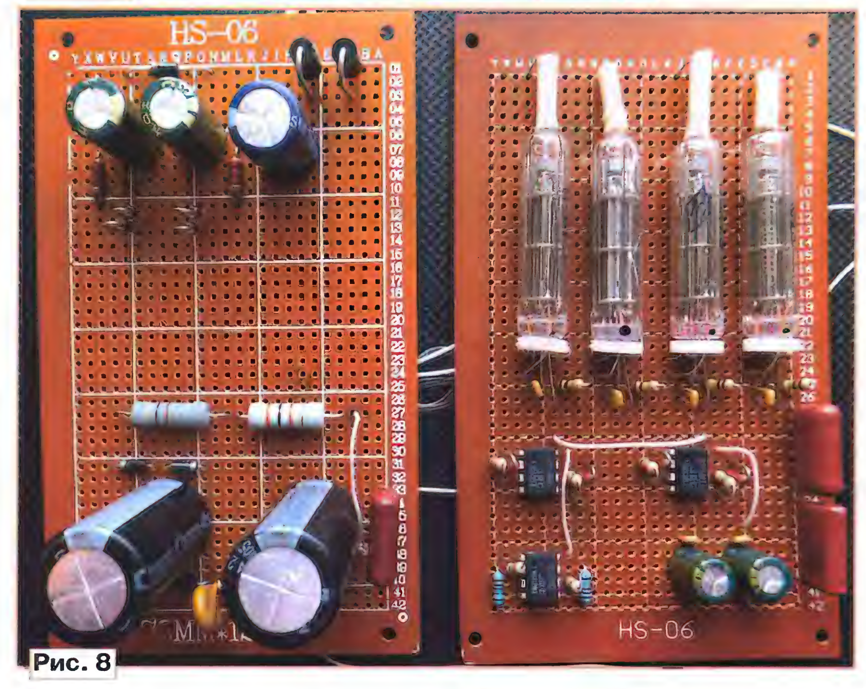


Рис. 8

невых ламп при параллельном соединении их секций — 1,2 В, что позволяет использовать ионистор в фильтре питания при непосредственном подключении к цепям накала. Для питания этих цепей также использован отдельный трансформатор Т2 и двухполупериодный выпрямитель на диодах VD5, VD6. Поскольку ток накала достигает 1 А, при расчёте необходимо учитывать прямое падение напряжения на диодах и сопротивлении вторичной обмотки Т2. Время выхода на рабочее напряжение (зарядка ионистора С4 через эти элементы при указанной ёмкости) — около 10 с, а время разрядки через цепь накала до уровня 10 % — около 30 с. Таким образом, при таких простых схемотехнических решениях обеспечивается уровень фона не более –72 дБ. При этом уровень фона фактически определяется величиной пульсаций анодного напряжения. Дальнейшего улучшения этого параметра можно добиться увеличением ёмкости конденсаторов С1, С2 или применением схемы активного дросселя в цепи питания анодов. Расчётный уровень пульсаций в цепи накала не превышает –100 дБ.

Измерение рабочих параметров реального УМЗЧ производилось с помощью аналитических программных



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11

комплексов SpectraPLUS-SC [4] и Visual Analyzer 2019 [5]. На **рис. 3** и **рис. 4** показаны результаты измерений коэффициента гармоник $K_г$ (THD) в программе Visual Analyzer на частотах 1 кГц и 100 Гц при номинальной выходной мощности. На низкой частоте $K_г$ несколько выше, но спектр искажений ограничен лишь 3-й гармоникой. На частоте 1 кГц — 5-й. Коэффициент гармоник предварительного усилителя в диапазоне рабочих частот лежит ниже разрешающей способности используемых средств измерений и не превышает 0,001 %. Снятие АЧХ усилителя производилось в программе SpectraPLUS-SC. Результат измерений показан на **рис. 5**.

Конструкция. Усилитель собран в корпусе активной двухполосной АС Microlab M-223 с общим НЧ-каналом (**рис. 6** и **рис. 7**). Из корпуса удалены все штатные электронные компоненты, за исключением переменных резисторов на лицевой панели, которые и применены в УМЗЧ. Резистор R2 — это верхний по расположению на передней панели одиночный резистор, выполнявший ранее функцию регулятора уровня НЧ, а резистор R5 — регулятор ВЧ. В данной конструкции они переставлены для удобства эксплуатации. Резистор R4 сохраняет функцию регулятора громкости. Корпус разделён на две половины фанерной перегородкой с посадочным отверстием для штатной динамической НЧ-головки. Печатные платы не разрабатывались. УМЗЧ и БП собраны на отдельных монтажных платах размерами 76×125 мм с шагом отверстий 2,54 мм. Внешний вид смонтированных плат показан на **рис. 8**. Под баллоны ламп целесообразно разместить полосу алюминиевой фольги для отражения теплового излучения с целью исключения постепенной деградации печатной платы от нагрева.

Вид на внутренний монтаж компонентов в корпусе со снятыми передней и тыльной панелями показан на **рис. 9** и **рис. 10**. Плата усилителя размещена горизонтально на нижней поверхности переднего отсека. Элементы темброблока (R6R7C2C3) размещены навесным монтажом на выводах резистора R5. Соединения платы с органами регулировки выполнены гибким двойным экранированным проводом. В днище корпуса рядом с платой УМЗЧ рекомендуется просверлить ряд отверстий диаметром 4...5 мм для обеспечения пассивного воздушного охлаждения. Второй отсек используется для размещения трансформаторов и платы БП. Имеющийся в отсеке туннель фазоинвертора убирать необязательно. Его отверстие используется для обеспечения сквозной вентиляции корпуса. При необходимости в нём или в отверстии перегородки может быть дополнительно размещён вентилятор принудительного охлажде-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ния. Плата БП располагается на правой стенке отсека, все трансформаторы питания — на его нижней поверхности. Длина проводов, соединяющих выводы вторичной обмотки Т2 с элементами VD5, VD6, должна быть минимальной. Соединения цепей накала выполняют проводом сечением не менее 1 мм^2.

Выходные трансформаторы Т1 обоих каналов вместе с разъёмами XS2 расположены на съёмной тыльной панели корпуса. Конструкция трансформаторов несколько необычная. Каждый из них собран из двух трансформаторов питания на основе броневых магнитопроводов Ш10×14 из штампованных пластин толщиной 0,5 мм, примерно соответствующих отечественному типоразмеру Ш-9, с нестандартной толщиной набора 14 мм. Это минимальное сечение магнитопровода, при котором обеспечивается необходимая мощность усилителя при расчётном значении магнитной индукции не более 1,2 Тл. Магнитопровод разбирают, вторичные обмотки наматываются заново по данным, указанным ниже. Затем окно каждого каркаса плотно заполняют набором пластин с одной стороны. Получившиеся полуобмотки соединяют встык и стягивают кожухом трансформатора с помощью винтовых соединений М4, прижимающих их торцом к поверхности (**рис. 11**). При этом половины первичной обмотки располагают с внешних сторон магнитопровода. Таким образом обеспечивается простое двойное секционирование обмоток. Конечно, это не сравнится с классическими конструкциями трансформаторов, но всё же это лучше, чем односекционный трансформатор. Зазор в магнитопроводе выходного трансформатора двухтактного каскада не предусмотрен. Правильность фазировки обмоток перед подключением к УМЗЧ проверяют простым способом. Соединив выводы первичной обмотки согласно схеме, подают на неё сетевое напряжение 230 В и проверяют напряжение на одной из вторичных обмоток. Если оно равно нулю, меняют фазировку одной из половин первичной обмотки. Ввиду достаточно большого активного сопротивления первичной обмотки прямая подача на неё напряжения сети при неправильной фазировке никакой опасности для обмотки не представляет. Затем соединяют между собой два любых вывода вторичной обмотки, измеряют напряжение между двумя свободными. Если оно близко к нулю, эти выводы также соединяют между собой. Если нет, выводы одной из вторичных обмоток меняют местами. На этом процесс фазировки обмоток выходного трансформатора считают законченным.

Входной узел УМЗЧ — интегрированный аудиомодуль Bluetooth/FM/USB/SD с ИК ДУ [6]. Модуль закреплён на лицевой панели корпуса, как показано на фото выше. Схема подключения приведена на **рис. 12**. Звуковой сигнал с выходов модуля А1 поступает на входы УМЗЧ через дроссель L1, устраняющий характерные для Bluetooth-устройств помехи. С этой же целью питание модуля организовано от отдельного источника, выполненного на трансформаторе Т4. Нумерация элементов продолжает нумерацию элементов БП. Допустимое напряжение питания модуля — 5...12 В. Соединение минусовой линии питания модуля с общим проводом УМЗЧ осуществляется через обмотку III дросселя L1.

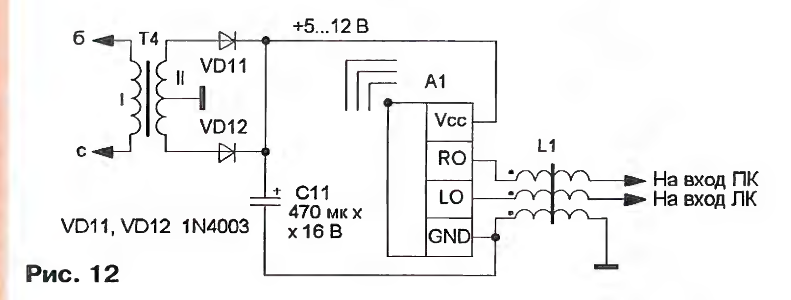


Рис. 12

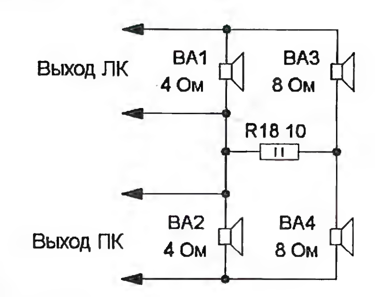


Рис. 13

Конструкция усилителя обеспечивает возможность воспроизведения от различных источников звука с использованием распространённых современных способов передачи аудиоданных, сохраняя специфические особенности "лампового" звучания, и имеет компактное современное исполнение. Этот УМЗЧ эксплуатируется в комплексе с доработанными 25АС-109 [7]. Вторая пара выходных разъёмов на корпусе используется для подключения дополнительных СЧ-ВЧ АС (из штатного комплекта Microlab M-233) по схеме упрощённого пассивного декодера системы АВС (**рис. 13**) с целью создания иллюзии пространственного звучания. Прослушивание музыкальных композиций 70—80-х годов, особенно содержащих "классические" сольные партии электрогитары, например Deep Purple, будто возвращает в эпоху звучания радиол "Ригонда", "Харьков", "Урал"...

Детали. Диоды 1N5400 можно заменить аналогичными с максимальным прямым током не менее 3 А и прямым напряжением не более 1 В, остальные диоды могут быть 1N4007. Стабилитроны — любые маломощные на напряжение стабилизации 10 В. ОУ JRC4558D можно заменить на ОУ серии 4558 любого производителя, OP275, а также на NE5532, LM833, OP271. Во втором случае потребуется понизить напряжение питания ОУ до ±18 В, применив стабилитроны VD9—VD12 1N4739 (9,1 В). Это будет сопровождаться небольшой потерей максимальной выходной мощности (примерно на 10 %). Оксидные конденсаторы — К50-35, К50-68 или аналогичные импортные. Ионистор — VEC3R0106QG или аналогичный, ёмкостью 4,7...10 Ф на напряжение 2,7 В с гибкими выводами. Конденсатор С3 — К73-17 на номинальное напряжение 630 В, С6—С8 того же типа на 400 В. Остальные — К10-17б на напряжение не менее 40 В. Постоянные резисторы — С2-33Н или МЛТ, переменные резисторы R4, R5 — сдвоенные СП3-4дМ, R2 — СП3-4аМ с функциональными характеристиками В, А и А соответственно или аналогичные импортные. Следует помнить, что отечественным обозначениям функциональных характеристик А и В соответствуют импортные В и А. Самовосстанавливающиеся предохранители — TRF250-400, JK250-400 или аналогичные на номинальное напряжение 250 В и ток срабатывания 0,4 А.

Основой для изготовления трансформаторов Т1—Т3 служат типовые малогабаритные трансформаторы питания ~220/(2×9) В с указанным выше типом магнитопровода. Они обычно маркируются номинальным током вторичной обмотки — 600 мА. Для трансформатора Т1 каждая половина первичной обмотки остаётся без изменений и содержит 3475 витков провода ПЭВ-1 0,05. Типовое удельное число витков на 1 В — 15,8. Секции вторичной обмотки наматываются заново на штатных каркасах и содержат по 115 витков провода ПЭВ-1 0,5. Способ намотки — послойная, виток к витку. Коэффициент трансформации Т1 — около 60.

Первичная обмотка трансформатора Т2 остаётся без изменений. Вторичную наматывают также послойно, виток к витку, она содержит 2×30 витков провода ПЭВ-1 0,71. Допустимо применить провод диаметром по меди 0,67 мм. ЭДС (2+2 В), внутреннее сопротивление обмотки Т2, а также параметры выпрямительных диодов VD5, VD6 обеспечивают оптимальный режим накала катодов. Трансформатор Т3 — без каких-либо доработок напряжением вторичной обмотки 18 В.

Трансформатор Т4 — любой малогабаритный понижающий трансформатор 220/(4,5...6,3) В на максимальный ток нагрузки 200 мА. Дроссель L1 намотан на кольцевом ферритовом магнитопроводе от драйвера КЛЛ. Каждая обмотка содержит 20 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1...0,25 мм. На одной половине кольца виток к витку размещена обмотка III, а на другой, в два провода без скручивания, — обмотки I и II.

Налаживание правильно собранного усилителя проводят в следующем порядке. Разрывают проводник между выходом выпрямителя +1,2 В (точкой соединения диодов VD5 и VD6 и ионистора С4) и выводами 1 накала ламп. В качестве временной нагрузки выпрямителя подключают проволочный цементный резистор серий CR-L, SQP, PRW сопротивлением 1...1,3 Ом и мощностью 5 Вт. При отключённых анодах ламп убеждаются в соответствии всех напряжений питания указанным на схеме значениям. Через 20...30 с после включения контролируют установившееся напряжение выпрямителя накала ламп на временной нагрузке. Оно должно быть +1,2 В ±10 % при токе нагрузки около 1 А. При значительном отклонении изменяют число витков вторичной обмотки трансформатора Т2 из расчёта 15,8 вит/В. После этого, восстановив цепь питания катодов, вновь контролируют установившееся напряжение накала и при необходимости корректируют его повторным подбором числа витков вторичной обмотки трансформатора Т2. Далее устанавливают движок резистора R4 в положение минимальной громкости, поочерёдно подают питание на аноды ламп и измеряют анодный ток. Он не должен превышать 15 мА. В случае превышения увеличивают сопротивление резисторов R14 или R15. Затем включают питание анодов всех ламп и подбором сопротивлений этих резисторов устанавливают ток анода каждой лампы 10±2 мА. Напряжение на экранных сетках при этом должно быть +125...140 В, на анодах — около +295 В. При необходимости подбирают резисторы R16, R17. После этого налаживание считают законченным.

При разводке и соединении цепей общего провода следует руководствоваться общими принципами конструирования усилительной и ламповой РЭА и не забывать о том, что УМЗЧ имеет гальваническую связь с сетью.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Суханов В., Киреев А.** Стержневые лампы. Принцип работы и конструкция. — Радио, 1960, № 7, с. 34—38.

2. **Суханов В., Киреев А.** Стержневые лампы. Особенности применения. — Радио, 1960, № 10, с. 49—52.

3. JRC4558. Двойной операционный усилитель. — URL: **https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132034/ARTSCHIP/JRC4558.html** (24.06.20).

4. SpectraPLUS-SC. — URL: **https://spectraplus-sc.software.informer.com/** (24.06.20).

5. Visual Analyzer 2019. — URL: **http://www.sillanumsoft.org/** (24.06.20).

6. KEBIDU Bluetooth MP3 Decoder Board Module. — URL: **https://aliexpress.ru/item/32973584177.html** (24.06.20).

7. **Панкратьев Д.** Модернизация АС 25АС-109. — Радио, 2019, № 9, с. 9, 10.

Гибридный балансный усилитель с коротким звуковым трактом, или Hi-Endный по-русски

В. ФЕДОСОВ, г. Краснодар

Выходные характеристики транзистора VT13 выровнены добавлением резистора в цепь коллектора сопротивлением 20 кОм. Посчитаем динамическое сопротивление нагрузки как 20 × 150 × 150 × 20 кОм. В результате получаем $R_H \approx$ 9000 МОм, что подтверждает и $K_{ус}$. Для 6Н2П он равен 88, для 6Н1П — 38. Источник тока задаёт рабочий режим лампы. Динамика нагрузки (т. е. её изменение) вытекает из свойств генераторов стабильного тока — этот элемент (двухполюсник) поддерживает в цепи заданное значение тока вне зависимости от прочих факторов (U, R_i триода). Большой $K_{ус}$ позволил ввести обратную связь для уменьшения КНИ выходного каскада и усилителя в целом. Обращаю внимание ярых сторонников чистой концепции лампового звука: активный источник тока для звукового сигнала имеет $R_H \approx$ 9000 МОм. Поэтому его влияние на звук ничтожно. Более того, динамическая нагрузка выполняет дополнительную функцию. Это, по совместительству, ФНЧ Баттерворта второго порядка, который устраняет цифровой шум в звуковом сигнале свыше 20 кГц. Ламповый каскад усиления благодаря $R_H \approx$ 9000 МОм максимально линеен ещё до охвата его цепью ООС. Благодаря тому что рабочий участок характеристики линейный, форма зависимости анодного тока от времени аналогична форме зависимости сеточного напряжения от времени. Поскольку зависимость анодного напряжения от анодного тока представляет собой линейную функцию, то и анодное напряжение меняется по такому закону зависимости от времени, как и напряжение на сетке. Входная динамическая ёмкость триода дополнительно нагружает возбудитель, так как через неё течёт ёмкостный ток возбудителя, который создаёт падение напряжения на внутреннем сопротивлении возбудителя и уменьшает амплитуду входного сигнала. Если ток, идущий через входное сопротивление $R_{вх}$, соизмерим с "паразитным сеточным током", то его форма искажается, что крайне нежелательно. Чтобы избежать искажений входного сигнала "паразитными" токами, во входную цепь установлен резистор R14 сопротивлением 1 кОм. Вследствие этого потенциал сетки будет всегда отрицательным и "паразитного" тока во входной цепи не будет. Следовательно, при усилении сигнала не будет происходить его искажение. Сам же возбудитель низкоомен. Входная ёмкость триода также шунтируется резистором R14. Транзисторы VT12, VT13 и VT14 выполняют функцию динамической нагрузки левого триода VL1. Одновременно эта нагрузка выполняет функцию ФНЧ Баттерворта, в который входят резисторы R28, R29 и конденсаторы C11, C12. Необходимо отметить, что расчётное значение ёмкости C11 — 2350 пФ. Однако на практике паразитные ёмкости, такие как проходная и ёмкость Миллера лампы, ёмкость затвора транзистора VT14, в сумме приближены к 2350 пФ, и конденсатор C11 (30 пФ) можно не устанавливать. Из формулы Миллера очевидно, что даже относительно небольшое значение ёмкости анод—сетка может оказать существенное влияние на высокочастотную область АЧХ усилителя. Кроме того, за счёт ёмкости конденсатора C12, которая входит в ФНЧ Баттерворта и создаёт ПОС, вышеуказанные паразитные ёмкости компенсируются. Основные преимущества такой динамической нагрузки — это отсутствие дополнительной ёмкостной нагрузки на анод лампы, что повышает быстродействие, детальность звука (микродинамику) при неизменных токовых режимах. На практике отсутствие конденсатора C11 вызывает небольшой подъём АЧХ в области 14...18 кГц. Здесь же необходимо дополнить, что регулятор громкости отделён от сеточной цепи низкоомным возбудителем (повторителем) и не влияет на сеточную цепь лампы и, следовательно, на её параметры.

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2020, № 7

О выборе межкаскадного конденсатора

Индуктивность межкаскадного конденсатора в нашем случае на качество звука практически не влияет, потому что входное сопротивление следующего каскада равно 2,7 МОм. В радиолюбительской литературе, как вариант, описано применение в качестве разделительных конденсаторов серий К71, К78, К73, К40У-9, К40У-2, К42У-2, ФТ, КГБ-И, К77-1, ССГ на напряжение 450 В. СГМ-4 — слюда плюс серебро, мечта аудиофила, поэтому конденсаторы ём-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2020

костью 0,01 мкФ — два последовательно и пара параллельно или К31-11-3Г 0,01 мкФ 500 В ±5 % (мечта аудиофила) ставим и не задумываемся. Межкаскадные конденсаторы имеют малую ёмкость и включены на сопротивление нагрузки 2,7 МОм. Напряжение на выходе равно 10 В, ток через конденсатор — 0,0000003 мА. Даже учитывая и ВЧ-составляющую, ток зарядки и разрядки ничтожен. Межкаскадные конденсаторы включены в цепь ООС, из-за чего резко уменьшаются вносимые ими искажения, имеются в виду импульсные сигналы с резким фронтом нарастания и спада. Однако в звуковом диапазоне ухом это услышать невозможно! Благодаря единственному каскаду усиления, малой переходной ёмкости сигнал в форме меандра на частоте 18 кГц проходил идеально. Тестовый сигнал снимался с цифрового тестового диска журнала "Радиохобби". На меандре отсутствует выброс при атаке и спаде сигнала. На накалы ламп подаётся положительное смещение 50 В, которое запирает участок накал—катод. Усилительная часть высокоомна и должна быть экранирована. Выпрямительные диоды для блока питания нужно выбирать с рабочей частотой от 30 кГц и выше, например серии КД226, на соответствующий ток и напряжение. Кроме этого, каждый диод надо шунтировать конденсатором ёмкостью от 5100 пФ до 0,022 мкФ с номинальным напряжением, рассчитанным на удвоенное напряжение питания. Прекрасно подходят для этой цели конденсаторы К78-2. Эта мера позволяет уменьшить коммутационные помехи, вызываемые переключением диодов.

В блоке питания (БП) УМЗЧ автор применил параллельный стабилизатор на транзисторах VT26—VT31, что хорошо отразилось на уровне шумов на выходе усилителя. Также к достоинствам параллельного стабилизатора стоит отнести тот факт, что независимо от тока, потребляемого от стабилизатора, ток, потребляемый им самим от источника питания, остаётся неизменным. Этот факт положительно отражается на уровне излучаемых БП в целом помех (за счёт того, что девиации тока потребления не протекают через трансформатор и выпрямительный мост), хотя и служит причиной. В этом схемном решении стабилитроны VD37—VD42 лишь задают стабильное напряжение на базах транзисторов VT26—VT31. Легко видеть, что представленная схема стабилизатора обладает достаточно высокими параметрами в части коэффициента стабилизации и сравнима с характеристиками компенсационных последовательных стабилизаторов, при этом практически полностью сохраняет достоинства параллельных стабилизаторов. Стабилизатор достаточно прост, не требует дефицитных деталей и обеспечивает хорошую стабильность напряжения. Здесь важны выходной импеданс в широкой полосе и переходная характеристика. Выходное сопротивление параллельного стабилизатора на транзисторах VT26—VT31 — активное и для звука, и это очень хорошо.

В последнее время в печати появились сообщения об успешном использовании рядом зарубежных фирм мостовых усилителей в аппаратуре класса High-End. Для примера назовём усилители таких фирм, как AMC (CTV-2030a и CTV-2W0), Briston (2B-LP и 4B-LP), MeCotmack Audio (DNA-1), Parasound (HSA-22Q0) и других, что позволяет утверждать, что и в любительских условиях можно применить мостовой усилитель, способный работать в аппаратуре высокой верности звуковоспроизведения. Мостовой усилитель позволяет получить удвоенное, по сравнению с обычным включением нагрузки, максимальное выходное напряжение. Соответственно ветви усиления охвачены двумя самостоятельными цепями ООС одинаковой глубины, что обеспечивает и постоянство $K_{ус}$. Второе условие баланса моста состоит в равенстве сопротивлений выходных транзисторов в режиме покоя. Если первое условие баланса моста соблюдается, то для выполнения второго условия достаточно с максимальной точностью установить одинаковую величину тока покоя каждого из выходных транзисторов. Для стабилизации тока покоя выходных транзисторов при их нагреве и изменении окружающей температуры применены термовыключатели SF1—SF5 серии KSD9700.

Применение составного транзистора по схеме Дарлингтона позволяет реализовать преимущества как МОП-транзисторов, так и биполярных. Составной транзисторный каскад имеет очень высокое входное и низкое выходное сопротивления. Максимальная амплитуда напряжения сигнала на нагрузке $R_н$ равна 0,7 от напряжения питания выходного каскада $U_п$. Мостовой выходной каскад позволяет при низком напряжении питания +/−24 В получить большую мощность. Фактически при указанном напряжении $U_п$ на нагрузке $R_н$ может быть получено переменное напряжение 32 В (2×16 В). Мощность на нагрузке 4 Ом — 256 Вт. Спектр традиционного выходного каскада отличает большое количество чётных гармоник в силу недостаточной комплементарности структуры p-n-p и n-p-n транзисторов. В балансном выходном каскаде одновременно работают транзисторы разной структуры, чётные гармоники существенно (на порядок и более) уменьшатся. Выходное напряжение (на нагрузке) и ток в нагрузке оказываются вдвое больше, чем напряжение каждого каскада относительно общего провода. Следовательно, при одном и том же напряжении питания выходная мощность на нагрузке получается в четыре раза большей. Но чтобы "выжать" из микросхемы АЦП действительно всё, на что она способна, нужно прежде всего правильно организовать выходные цепи I/U и постфильтр. Выше уже говорилось о версии схемы Вана Скойока 1948 г. Этот драйвер обладает усилением на плечо, близким к усилению самой лампы, а не половинным (как в дифференциальном каскаде). Такое решение может пригодиться для построения усилителя с минимальным числом ламп или же для раскачки выходных каскадов с малым усилением (на лампах 6С19С, 6С33, различных циркотронов).

Транзисторы работают повторителями на большом токе покоя, и их искажения малы. За счёт низкого выходного сопротивления транзисторов выходное сопротивление лампы существенно не повышается по сравнению с паспортным, а значит, не сужается полоса. Полоса даже шире, так как сетки тоже работают от повторителей, и "эффект Миллера" заземляется через них. В общем, полоса близка к полосе с общей сеткой.

Налаживание собранного УМЗЧ начинают с проверки монтажа и соединений. Применённые схемные решения позволяют обойтись без подбора транзисторов. Не подключая БП к УМЗЧ, проверяют его выходные напряжения. Далее следует сначала подать отрицательное напряжение −12...24 В. На выходе "Контроль" установить подстроечным резистором R98 минимальное напряжение смещения. Затем включить питание +/−24 В и установить режимы работы каждого из каналов усилителя (левого и правого) в отдельности при отключённом сигнале и нагрузке. Сначала резистором R98 устанавливают ток, потребляемый каналом, равным 60 мА с учётом размеров теплоотводов. Далее подстроечными резисторами R99 и R100 надо установить равные коэффициенты усиления на выходе для каждого плеча. Аналогичные операции производят со вторым каналом.

Включают нагрузку и измеряют на ней постоянное напряжение. Допускается, чтобы это напряжение было не более ±0,3 В. После этого можно испытывать усилитель с источником сигнала. Собранный усилитель обладает отличным звучанием. Долгое прослушивание усилителя не приводит к утомлению.

Конечно, в большинстве случаев любительской практики выходная мощность 250 Вт не требуется. Но описанный выше принцип построения балансных мостовых усилителей мощности низкой частоты может оказаться полезным при создании усилителей меньшей мощности (на 40...50 Вт) на базе двух усилителей малой мощности. Необходимо только, чтобы оба исходных усилителя были одного типа, имели одинаковые характеристики, а источник питания позволял получать требуемую мощность. В среднем можно считать, что мощность выпрямителя и трансформатора должна быть, по крайней мере, вдвое больше максимальной выходной мощности усилителя в целом.

В заключение необходимо указать, что качество работы любого усилителя мощности низкой частоты во многом зависит от качества применяемых электронных компонентов и их компоновки на плате, источника усиливаемого сигнала, предшествующих регулирующих и корректирующих каскадов, от самой акустической системы (динамической головки или динамических головок, если их несколько в АС), с которой используется данный усилитель, а также от его мощности, входного сопротивления.

Не думаю, что подбор рекомендованных мною напряжений вызовет затруднения у людей, хоть раз державших в руках паяльник.

***От редакции**. Оригинальный рисунок авторской схемы УМЗЧ в формате TIFF имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2020/08/amp.zip** на нашем FTP-сервере.*

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

МОСКВА. "Минкомсвязь категорически против перехода радио на цифровое вещание", — сообщил заместитель главы ведомства Алексей Волин. По его словам, это "убьёт российскую радиоиндустрию".

"Если перейти на цифру, количество радиостанций увеличится в разы, а рекламный рынок по радио, он и так-то был не самый большой, упал с момента начала карантина и самоизоляционных мер в регионах на 90 % и более, в целом по стране — процентов на 70...80. Там дай бог, чтобы хватило выжить, не говоря уже о том, чтобы развиваться тем, кто остался", — сказал господин Волин во время онлайн-интервью на площадке проекта Национальной ассоциации телерадиовещателей "НАТ Live".

В интервью Алексей Волин сообщил также, что СМИ не следует рассчитывать на прямую поддержку государства деньгами на фоне пандемии коронавируса. Он также назвал бесперспективным предложение закупки государством социальной рекламы у медиа (источник — URL: **https://www.kommersant.ru/doc/4365321** (22.06.20)).

Радиостанция "Серебряный Дождь" может сменить формат и название, переориентировавшись в основном на музыкальное вещание, — заявил её основатель Дмитрий Савицкий. Это связано с резким падением доходов от рекламы, в разной степени затронувшим весь рынок радио (источник — выступление Д. Савицкого на ресурсе **https://www.youtube.com/watch?v=DC1in428lIY&feature=youtu.be**, смотреть с четвёртой минуты (22.06.20)).

Радио "Серебряный Дождь" вышла в эфир в последний раз 4 июля из-за финансовых трудностей. В последнее время на радиостанции были задержки с выплатами зарплат, — сообщил РИА Новости генеральный директор радиостанции Дмитрий Савицкий. "Мы назначили 4 июля последний день, у нас день рождения станции. В этот день хотели его в последний раз отпраздновать. А дальше уже что-то по этому поводу делать. Если говорить про какую-то дату — эта дата нам известна. А если говорить про продолжение существования, то будем смотреть по обстоятельствам" (источник — URL: **https://ria.ru/20200603/1572415854.html** (22.06.20)).

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛ. С 5 июня радиостанция "Радио Ваня" начала вещание в г. Борисоглебске на частоте 106,7 МГц, в г. Лиски — на частоте 104,6 МГц, в г. Россоше — на частоте 104,4 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiovanya?w=wall-356962_41521** (22.06.20)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. Настоящим подарком стал долгожданный запуск в г. Кирове радиостанции "Радио Energy", частота вещания — 89,6 МГц (источник — URL: **https://vk.com/nrjkirov?w=wall-177151811_59** (22.06.20)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Авторадио" в г. Луге с 1 июня сменила частоту вещания в связи с перерегистрацией вещательной лицензии. В настоящее время "Авторадио" в Луге транслируется на частоте 97,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/ctvspb?w=wall-59176345_16781** (22.06.20)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. 27 мая филиал РТРС "Приморский КРТПЦ" начал трансляцию "Радио России" в населённых пунктах Кавалерово, Ольга и в посёлке Пластун Тернейского района.

В Кавалерово трансляция ведётся с телебашни на горе Рудной на частоте 102,6 МГц. Передатчик мощностью 100 Вт охватывает сигналом более 20 тысяч жителей.

В Ольге трансляция ведётся с телебашни на горе Крестовой на частоте 104,4 МГц. Передатчик мощностью 200 Вт охватывает более пяти тысяч жителей.

В Пластуне "Радио России" доступно на частоте 103,1 МГц. Мощность передатчика — 30 Вт.

В эфир транслируются также региональные вставки "Радио России. Приморье".

Планируется, что до конца 2020 г. "Радио России. Приморье" заработает в селе Зеркальное Кавалеровского района, в сёлах Весёлый Яр, Михайловка, Маргаритово Ольгинского района, в пгт Терней, сёлах Амгу, Максимовка, Малая Кема, Самарга, Светлая, Усть-Соболевка, Перетычиха Тернейского района (источники: **https://vestiprim.ru/news/ptrnews/92229-radio-rossii-primore-v-fm-diapazone-zazvuchalo-na-severe-primorja.html** и **https://vladivostok.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-v-kavalerovo-olge-i-plastune-terneyskogo-rayona/** (22.06.20)).

РЯЗАНСКАЯ ОБЛ. 17 июня радиостанция "Пи FM" стартовала с программами на частоте 98,1 МГц в г. Рязани (источник — URL: **https://vk.com/pifm_ryazan?w=wall-195572420_17** (22.06.20)).

САХА/ЯКУТИЯ. Передачи "Радио Пурга" в DRM-формате, широко разрекламированные несколько лет назад и по-прежнему транслируемые из г. Комсомольска-на-Амуре в направлении Саха/Якутии, так и не вышли из стадии тестового вещания.

На летний сезон текущее расписание:

— 20.00 — 23.00 — на частоте 9850 кГц;

— 23.00 — 04.00 — на частоте 12025 кГц;

— 04.00 — 10.00 — на частоте 15735 кГц.

Мощность передатчика — 20 кВт. В реальности на частотах транслируется музыка в режиме "нон-стоп".

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 1 июня началось вещание православной радиостанции "Воскресение" в г. Верхнем Тагиле на частоте 90,1 МГц, в г. Качканаре и Лесном — на частоте 104,4 МГц (источник — URL: **https://vk.com/ekbradiotv?w=wall-26484888_1057** (22.06.20)).

С 5 июня началось вещание православной радиостанции "Воскресение" в г. Нижняя Салда на частоте 105,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/pravradio_ru?w=wall-26484888_1063** (22.06.20)).

В ближайшее время города Лесной и Нижняя Тура останутся без единственной городской радиостанции "Rich FM", которая прекращает вещание в них на частоте 106,2 МГц. На этой частоте появится екатеринбургское радио "Пилот FM" (источник — URL: **https://vk.com/ekbradiotv?w=wall-20890825_26503** (22.06.20)).

18 июня филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Воскресение" в деревне Андронова Слободо-Туринского муниципального района. Программы радиостанции доступны на частоте 101,5 МГц. Передатчик мощностью 0,1 кВт охватывает радиосигналом более 18 тысяч человек.

Филиал также запустил трансляцию радио "Воскресение" в г. Камышлове. Программы радиостанции доступны на частоте 107,9 МГц. Передатчик мощностью 0,1 кВт охватывает радиосигналом более 56 тысяч человек. Вещание во всех населённых пунктах ведётся ежедневно в круглосуточном режиме (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-voskresenie-v-semi-naselennykh-punktakh-sverdlovskoy-oblasti/** (22.06.20)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. С 16 июня в г. Тамбове запущен в эксплуатацию новый двухкиловаттный передатчик с трансляцией программы "Вести FM". Вещание идёт на частоте 91,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/fmtv68?w=wall-109367953_2799** (22.06.20)).

Уверенный приём радиосигнала "Вести FM" возможен в радиусе до 60 км от телебашни в с. Донское. Охват составляет 747 тысяч человек. "Уже в конце года жители области услышат на "Вести FM" и региональные новости", — сказал директор Тамбовского областного радиотелевизионного передающего центра Александр Сидоренко.

РТРС начал модернизацию радиосети ВГТРК в 2018 г. Модернизация предполагает запуск почти двух тысяч передатчиков "Радио России", "Вести FM" и "Маяк" в диапазоне CCIR (87,5...108 МГц). Трансляция этих радиостанций в диапазоне OIRT (65,9...74 МГц) будет прекращена.

Сейчас в регионах России работают уже 1167 УКВ-передатчиков ВГТРК. В том числе введён в эксплуатацию 571 новый передатчик. При этом радио "Вести FM" расширило географию вещания на 14 городов, а "Маяк" — на 15. Большинство оставшихся новых передатчиков планируется ввести в эксплуатацию до конца 2020 г. (источник —

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

URL: **https://www.tambov.gov.ru/news/rtrs-moderniziroval-radioset-vgtrk-v-tambovskoj-oblasti.html** (22.06.20)).

ТОМСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио России" в Томской области продолжает переход на диапазон CCIR. Филиал РТРС "Томский областной радиотелевизионный передающий центр" (Томский ОРТПЦ) приступает к очередному этапу модернизации сети внутриобластного вещания "Радио России".

"В течение июня филиал смонтировал и запустил оборудование для вещания "первой радиокнопки", а во многих местах и единственной. Будут переведены в диапазон CCIR объекты вещания в сёлах Новый Васюган и Александровское, а также в г. Стрежевом, при этом действующие передатчики диапазона OIRT будут отключены", — сообщил директор Томского ОРТПЦ Владимир Юршин.

Новые частоты вещания "Радио России":

— Стрежевой, новая частота вещания — 105,7 МГц, вещание на частоте 68,51 МГц будет отключено;

— Новый Васюган, новая частота вещания — 102 МГц, вещание на частоте 71 МГц будет отключено;

— Александровское, новая частота вещания — 102,3 МГц, вещание на частоте 66,02 будет отключено.

Также сообщается, что до конца 2020 г. филиалу предстоит запустить 41 УКВ-передатчик "Радио России". Информация об остальных объектах запуска будет сообщена дополнительно (источник — URL: **https://www.tvtomsk.ru/news/59723-radio-rossii-v-tomskoj-oblasti-prodolzhaet-perehod-na-fm-diapazon.html** (22.06.20)).

Передатчик в Стрежевом мощностью 0,1 кВт охватывает сигналом жителей Стрежевого и сельских поселений Александровского района: Ларино, Северный и Светлая Протока.

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ГЕРМАНИЯ. В середине мая из эфира без всяких анонсов исчезли коротковолновые религиозные передачи "Миссии Фриденсштимме" на русском языке. Вот что на эту тему сообщил редактор Н. Берг: "... Передачи "Миссии Фриденсштимме" на русском языке на коротких волнах больше не будет. Вещание благой вести спасения в Иисусе Христе продолжается через радиостанцию "Радио ELI" из Эстонии на частоте 1035 кГц. В воскресенье трансляция в 15.00 и в среду — в 17.30. Через Интернет нужно найти записи на сайте "DWG ru". Н. Берг, "Миссия Фриденсштимме".

ИСПАНИЯ. Возобновлена трансляция передач на русском языке "Международного испанского радио" на частоте 12030 кГц. Время выхода в эфир — с 17.00 до 17.30, дни вещания — понедельник, среда и пятница. Все трансляции "Международного испанского радио" были заменены с 31 марта в связи с началом пандемии коронавируса на программы "Radio Nacional" на испанском языке (внутреннее вещание "Испанского радио") для поддержки информативной программы с последними новостями о COVID-19.

РУМЫНИЯ. Радиостанция "Интер-Радио Румынии" с конца марта объявляет в эфире о неисправности передатчика в передающем центре Тиганэшть (Tiganesti). Далее сообщается, что передачи на русском языке в 04.30, 13.00 и 15.00 идут только на одной частоте. Но в 13.00 (по личным наблюдениям автора рубрики) они вещают в последнее время на двух частотах: 9890 и 11940 кГц. В остальное время, как и объявляется, вещание только на одной из двух заявленных частот.

СИРИЯ. В летнем сезоне "Радио Дамаск" ("Radio Damascus") на русском языке в эфире с 04.30 до 05.00 ежедневно на частоте 783 кГц. Для трансляций используется передатчик в Tartus мощностью 300 кВт.

США. В текущем сезоне отсутствует в эфире программа "В фокусе семья", транслируемая радиостанцией WWCR ("World Wide Christian Radio") на русском языке. Таким образом, эта станция выбыла из списка вещателей на русском языке.

ВЕЩАНИЕ ОНЛАЙН

Лето началось с очень неприятной новости для любителей послушать удалённые Web-SDR-приёмники. 1 июня на сайте **SDR.hu** появилась информация о том, что проект закрыт.

Напомним, что SDR.hu — это портал, с помощью которого можно было открыть доступ к любому SDR-приёмнику через Интернет для всех желающих (по аналогии с GlobalTuners, только в случае с SDR.hu приёмник должен быть на базе KiwiSDR, и прослушивание до недавнего времени было возможно без регистрации на портале).

Поскольку портал был персональным хобби-проектом, с ростом степени загруженности и ответственности автора за его работу, а также сменой направления, в котором автору хотелось бы самореализоваться, дальнейшие развитие и поддержка данного проекта стали невозможны (источник — URL: **https://sdr.hu/** (22.06.20)).

ПРЕССА

В июне опубликован очередной отраслевой доклад "Радиовещание в России в 2019 г. Состояние, тенденции и перспективы развития", прочитать его можно по ссылке: **http://fapmc.ru/rospechat/activities/reports/2020/teleradio.html** (22.06.20)).

Хорошего приёма и 73!

УКВ-тюнер для музыкального центра

А. БАШИРОВ, С. БАШИРОВ, г. Москва

В "Радио" № 8, 10, 11 за 2019 г. была опубликована статья авторов "Современный музыкальный центр", в которой описаны блок управления музыкальным центром, темброблоки, эквалайзеры и усилители мощности. Сегодня авторы знакомят с тюнером для этого музыкального центра.

Современный музыкальный центр невозможно представить без УКВ-тюнера. Популярность радио не только не падает, но и постоянно растёт. Об этом красноречиво свидетельствует постоянно растущее число радиостанций УКВ-диапазона. Например, в Москве их число перевалило за полсотни.

Конструирование радиоприёмников и тюнеров всегда было одним из самых распространённых занятий среди радиолюбителей. Поначалу это были аналоговые и цифроаналоговые устройства, требующие незаурядной подготовки и знаний. Но времена меняются и на смену аналоговым устройствам приходят цифровые. И применение современной элементной базы позволяет изготовить современный тюнер без особых усилий даже начинающему радиолюбителю.

Что представлял из себя высококачественный тюнер сравнительно недавно? Как правило, он состоял из двух частей — собственно аналогового УКВ-приёмника и синтезатора частоты (PLL-синтезатора), который позволял точно выставить частоту принимаемой станции. Сетка частот формируется из частоты, задаваемой кварцевым генератором (как правило, 4...8 МГц). PLL-синтезатор представляет собой программируемый генератор, управляемый по шине I^2C, SPI и т. д. Управление осуществляет, как правило, микроконтроллер. Он по шине задаёт шаг сетки (от

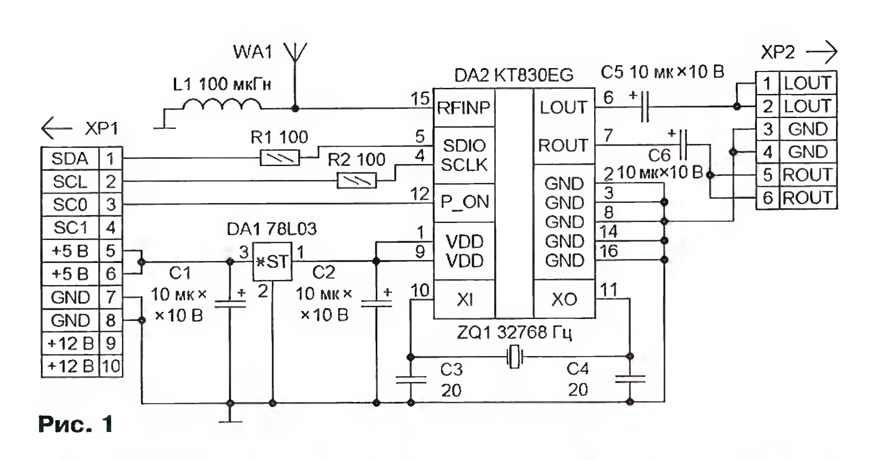
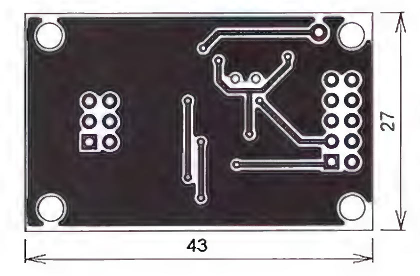


Рис. 1



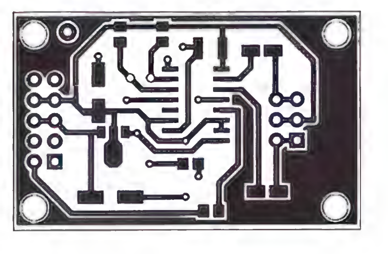


Рис. 2

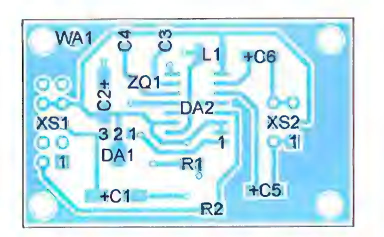


Рис. 3

0,1 Гц до 1 МГц), режим работы синтезатора (сканирование, поиск), режим воспроизведения звука (моно, стерео).

Развитие технологий привело к тому, что стало возможным разместить на одном кристалле и радиоприёмник, и синтезатор частоты, и это — при минимальном числе внешних элементов.

Из большого числа представленных на рынке интегральных тюнеров выбор авторов пал на микросхему компании KT Micro, Inc. KT0830EG. Это было сделано по следующим соображениям.

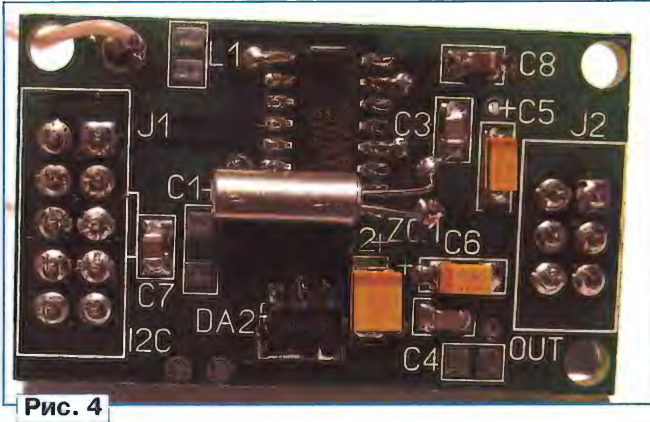


Рис. 4



Рис. 5

Во-первых, высокие технические характеристики. Тюнер обладает высокой чувствительностью (–106 дБм), малым коэффициентом нелинейных искажений (менее 0,3 %), имеет собственный встроенный усилитель класса AB и цифровой стереопроцессор. Потребляемый ток в рабочем режиме — 19 мА, в спящем режиме — всего 1 мкА.

Во-вторых, практически полное отсутствие внешних дополнительных компонентов. Особенно радует практически полное отсутствие каких-либо намоточных элементов (катушек и дросселей), кроме антенного дросселя, без которого вполне можно обойтись.

В-третьих, компактный корпус SOP-16, весьма миниатюрный, но в то же время удобный для использования даже в домашних условиях.

В-четвёртых, использование в качестве шины управления популярной и хорошо известной радиолюбителям шины I^2C, что позволяет использовать его совместно практически с любым микроконтроллером.

В-пятых, использование в качестве частотозадающего элемента широко распространённого часового кварцевого резонатора. Кстати, для этого тюнера есть варианты применения с резонаторами на другие частоты (7,6 МГц, 12 МГц, 24 МГц).

И, наконец, в-шестых, наличие подробной технической документации, что очень способствовало быстрому и безошибочному написанию программного обеспечения для тюнера.

Схема тюнера приведена на **рис. 1**. Схема включения — типовая, предложенная производителем. Поскольку номинальное напряжение питания тюнера — 3,3 В, на плате установлен понижающий стабилизатор 78L03. Кварцевый резонатор ZQ1 — обычный часовой 32768 Гц в корпусе TC38H. Резисторы R1, R2 (их сопротивление может быть от 100 до 300 Ом) и керамические неполярные конденсаторы C3, C4 (их ёмкость может быть от 20 до 68 пФ) — типоразмера 0805, полярные конденсаторы C1, C2 и C5, C6 — танталовые типоразмера A. Ёмкость конденсаторов C5, C6 может быть от 1 до 10 мкФ, допустимо применить неполярные. Катушка индуктивности L1 — Murata LQH43MN индуктивностью 100 мкГн. Для соединения с блоком управления музыкальным центром и внешними устройствами при-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru





Рис. 6



FM станция 01
088.00 МГц

Рис. 8



Рис. 7

Уст част стан 01
088.00 МГц

Рис. 9

менены штыревые разъёмы PLD-10 (управление) и PLD-6 (звук).

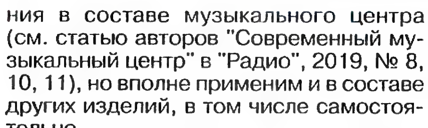
Тюнер собран на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита. В принципе, его можно собрать и на односторонней печатной плате. В последнем случае придётся недостающие проводники со стороны, противоположной расположенным элементам, заменить отрезками изолированных проводов. Чертёж варианта двусторонней платы приведён на **рис. 2**, расположение элементов — на **рис. 3**. На **рис. 4** показан вариант собранной платы тюнера.

Никакой регулировки или налаживания для тюнера не требуется, вся настройка — программная. Этот вариант тюнера был разработан для применения в составе музыкального центра (см. статью авторов "Современный музыкальный центр" в "Радио", 2019, № 8, 10, 11), но вполне применим и в составе других изделий, в том числе самостоятельно.

Для работы тюнера в составе музыкального центра необходимо подключить разъём управления XP1 к соответствующему разъёму на плате управления музыкального центра, а разъём XP2 подключить к входу выбранного темброблока в составе музыкального центра (на микросхеме TDA8425, TDA7313 или TEA6320). На **рис. 5** УКВ-тюнер и темброблок на микросхеме TDA8425 подключены к плате управления.

После включения музыкального центра на индикаторе должны отобразиться названия подключённых модулей (**рис. 6**). Далее музыкальный центр переходит в рабочий режим (**рис. 7**). Для перехода в режим работы с тюнером необходимо покрутить ручку левого энкодера (**рис. 8**).

Выбор нужной станции осуществляется вращением ручки правого энкодера. Для изменения частоты выбранной станции нужно нажать на кнопку правого энкодера (**рис. 9**) и вращением ручки установить нужную частоту. Когда нужная частота станции будет установлена, нажатием на кнопку правого энкодера можно её значение сохранить в памяти микроконтроллера. Если более никаких действий не предпринимать, через несколько секунд музыкальный центр вернётся в основной режим работы.



Настройка среды Microsoft Visual Studio на компиляцию программ для одноплатного компьютера Omega2

В. ИНШАКОВ, г. Елец Липецкой обл.

В статьях [1, 2] были рассмотрены одноплатный компьютер Onion Omega2 и кросс-компиляция приложений C/C++ для него. В этой статье описывается процедура настройки популярной среды разработки Microsoft Visual Studio, в которой удобно создавать приложения не только для ОС Windows, но и для ОС Linux.

Выбор среды разработки (IDE) — задача непростая. Сейчас их большое множество. Кому-то нравится Eclipse, кому-то Visual Studio Code, другие предпочитает продукты JetBrains, а некоторые пишут программы в текстовых редакторах вроде Emacs или Vim. Что лучше, а что хуже — решает каждый для себя. Практика показала, что в текстовых редакторах обычно пишут начинающие или опытные программисты, которым требуется быстро внести

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

изменения в существующую программу.

Начинающим трудно освоить сложную IDE. Мощная IDE, вроде Visual Studio, тяжела в освоении, но даёт мощные инструменты и существенную экономию времени, особенно при использовании такого синтаксически сложного языка, как Си++. Высокоразвитая IDE помогает "на лету" обнаруживать типовые ошибки. Кое-что среда даже исправляет автоматически.

Без имеющейся в Visual Studio технологии IntelliSense каждый, особенно начинающий, так и будет спотыкаться на самых элементарных синтаксических конструкциях, при этом компилятор будет выдавать множество сообщений о самых разных ошибках, по которым зачастую трудно понять, чем вызвана проблема. Вместо того чтобы думать над алгоритмом, придётся всякий раз ломать голову, почему не идёт компиляция.

Некоторые начинающие программисты идут по простому пути — пишут программы на процедурно-ориентированном языке Си, который намного проще объектно-ориентированного языка Си++. Действительно, простые программы на языке С получаются лучше даже с точки зрения оптимизации. Но когда сложность алгоритмов высока, это становится слишком тяжело, приходится искать что-либо более серьёзное, а то и вовсе переходить на интерпретируемые языки вроде Python, Java, C# и т. д. В зависимости от конкретной задачи, разумеется.

Правда, последние имеют свои ограничения — расходуют заметно больше ресурсов (это важно для одноплатных компьютеров), из этих языков сложно обращаться к низкоуровневой периферии и системным вызовам ОС, подключать сторонние динамические библиотеки, которые обычно имеют только унифицированный интерфейс языка С. Работа с большими массивами встроенных типов может оказаться невозможной уже при 50 тысячах элементов, что для обычного массива С — далеко не предел.

Автор одно время писал программы в Eclipse, но после освоения Visual Studio [3] отдал предпочтение последней. Современная версия Community этой IDE бесплатна, правда, имеет ограничения по сравнению с Professional и Enterprise. Но для домашней разработки программ под Linux этого вполне достаточно. Интерфейс IDE интуитивно понятен и схож с Eclipse, но всё же его полные возможности без учебника не раскрыть. Есть очень хороший учебник [4], но следует учитывать, что многое написанное там относится к версии Profesional и в Community может отсутствовать.

По ссылке [3] можно бесплатно скачать и установить Visual Studio Community 2019. При установке или после неё можно выбрать вид типовых выполняемых работ:

— разработка игр с помощью Unity;

— хранение и обработка данных;

— разработка расширений Visual Studio;

— разработка игр на языке C++;

— приложения для обработки и анализа данных и аналитические приложения;

— разработка надстроек для Office 365 и SharePoint;

— кросс-платформенная разработка для .NET Core.

В нашем случае нужно отметить пункт "Разработка для Linux на C++".

При первом после установки запуске Visuall Studio 2019 выведет диалоговое окно выбора проектов. Диалог можно пропустить и создать проект позднее, нажав комбинацию клавиш Ctrl–Shif–N. В окне, показанном на **рис. 1**, выберите пункт "Проект Makefile". Дальнейшие диалоги понятны без комментариев. В Visual Studio добавлен очень полезный пункт: "Поместить решение и проект в одном каталоге". Для простых проектов его лучше отметить.

Дело в том, что любой проект Visual Studio может существовать только внутри группы проектов, называемой решением (solution). Это очень удобно, когда несколько проектов логически связаны между собой или зависимы. Это, например, проекты сопутствующих библиотек, проекты unit-тестов, группы приложений с межпроцессными взаимодействиями.

По умолчанию Visual Studio создаёт на диске сначала каталог решения, а внутри него подкаталоги с проектами. Для решений, состоящих всего из одного проекта, такая особенность излишняя, а наличие вложенных каталогов вносит путаницу, которая будет ещё больше, если над проектом работают несколько человек из разных IDE.

Создаваемый проект Linux должен компилироваться и отлаживаться удалённо, на стороннем сервере или виртуальной машине (далее по тексту — хосту) — той самой, на которой ранее производилась кросс-компиляция [2]. До первой компиляции проекта потребуется настроить подключение к хосту в Visual Studio, это делается несложно в пункте меню "Средства→Параметры→Кросс-платформенные→Диспетчер подключений" и хорошо описано на русском языке в официальной справочной документации MSDN по Visual Studio.

Начать лучше, проследовав по ссылке [5]. Эта процедура здесь не рассматривается. Настройка предназначенного для одноплатного компьютера Omega2 проекта сложнее, чем для обычного компьютера с ОС Linux, поскольку используется кросс-компиляция через сторонний SDK. Именно об этой настройке и пойдёт речь далее.

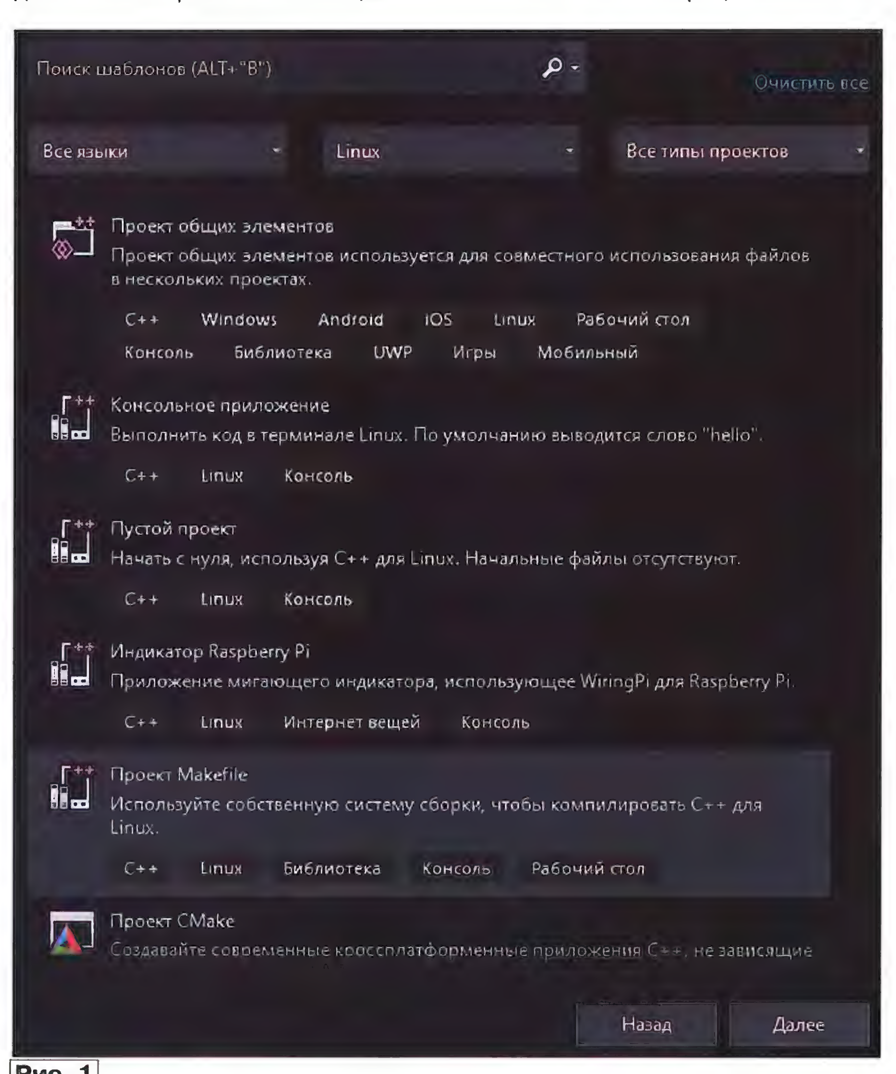


Рис. 1

Создание платформы решения ? ×

Введите или выберите новую платформу:

MIPS

Копировать параметры из:

ARM

☑ Создать новые платформы проекта

OK Отмена

Рис. 2

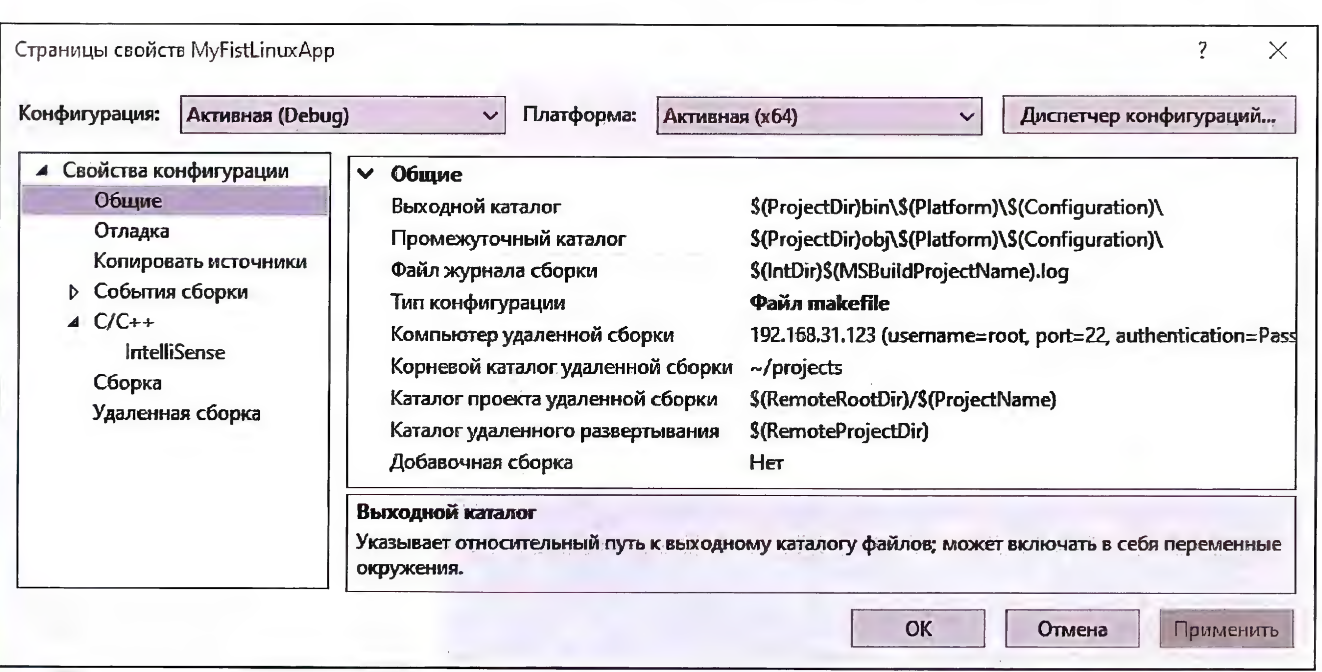


Рис. 3

После того как в Visual Studio установлено подключение к главному компьютеру с OpenWRT SDK [4] и все рекомендуемые приложения согласно [5], Visual Studio автоматически начнёт просматривать диск компьютера и закачивать оттуда заголовочные файлы Linux для работы своей подсистемы Intelli Sense. В нашем случае это бесполезные файлы, предназначенные совсем для другой версии ОС Linux. Их число и содержимое отличны от h-файлов ОС OpenWRT (далее по тексту SDK). Необходимо вручную скачать из SDK все заголовочные файлы, а затем указать в проекте пути к ним. Подробнее об этом ниже.

Теперь следует возвратиться в Visual Studio и открыть диалог свойств проекта. Быстрее всего это можно сделать в обозревателе решений, поставив курсор на имя проекта и нажав комбинацию клавиш Alt-Enter. Первым делом лучше создать свою собственную конфигурацию, нажав на экранную кнопку "Диспетчер конфигураций...". Откроется небольшое диалоговое окно, в котором перечислены все текущие конфигурации по умолчанию, а именно, сочетания архитектуры (ARM, ARM64, x86, x64) и типа сборки (Debug или Release) для каждого. Поскольку программа будет разрабатываться под архитектуру MIPS, стандартные конфигурации не подходят, переименовывать или удалять их, однако, не рекомендуется. В диалоговом окне диспетчера конфигураций в поле "Введите или выберите новую конфигурацию" введите MIPS, как показано на **рис. 2**.

Теперь в списке платформ появится MIPS, которую и следует выбрать, а тип сборки ("Активная конфигурация") пока что лучше оставить отладочным (Debug). Теперь следует вернуться к окну свойств проекта (**рис. 3**) и переключить платформу на вновь созданную (MIPS). После этого содержание всех полей свойств, которые будут изменены в дальнейшем, сохранятся только в конфигурацию Debug/MIPS, а для других конфигураций всё останется без изменений.

Теперь нужно поочерёдно заполнить поля свойств. В поле "Компьютер удалённой сборки" вкладки "Общие" нужно выбрать из списка подключение к хосту, если ранее всё было сделано правильно и подключение к нему успешно создано. В поле "Корневой каталог удалённой сборки" обычно по умолчанию задано ~/projects. Это должен быть главный каталог проектов, в котором будут создаваться подкаталоги конкретных проектов. Ошибочно можно подумать, что это каталог конкретного проекта, но на самом деле это каталог решений.

Обратите внимание на символ "~" в названии каталога. В рассматриваемом случае такой вариант работает, хотя можно указывать и абсолютный путь.

Поле "Каталог проекта удалённой сборки" обычно оставляют заданным по умолчанию, поскольку имя проекта в Visual Studio и имя каталога на удалённой машине обычно совпадают. Однако в рассматриваемом случае это не так, предстоят эксперименты с кросс-приложением myapptemplate [6] из статьи [2], поэтому значение этого поля следует изменить на (RemoteRootDir)/myapptemplate. Значения остальных полей можно оставить заданными по умолчанию.

Далее переходим во вкладку "C/C++" свойств проекта. Его самое первое поле "Путь поиска включаемых файлов" (используется подсистемой IntelliSense) — пустое, его требуется заполнить. Сначала необходимо скопировать из SDK всю структуру каталогов со всем содержимым (заголовочные h-файлы) на локальный диск Windows в какую-нибудь удобную папку по своему усмотрению, например, C:\Users\MyUsername\Documents\Visual Studio 2019\Open WRT_headers. В левой колонке **табл. 1** приведён перечень каталогов SDK, содержимое которых требуется скопировать, а в правой колонке — рекомендованные каталоги, в которые следует копировать. Копирование удобнее всего производить по SSH, например, с помощью программы WinSCP. Приведённый перечень содержит стандартные заголовочные (*.h) файлы и подходит для

большинства проектов. Если окажется, что какого-либо каталога не хватает или должна быть использована сторонняя библиотека (последняя строка таблицы), придётся самостоятельно отыскать и скопировать нужный файл. После успешного копирования осталось добавить пути к этим файлам в строку, примерно так:

$(VisualStudioDir)\OpenWRT_headers\sysinc;

$(VisualStudioDir)\OpenWRT_headers\sysinc\bits;

$(VisualStudioDir)\ OpenWRT_headers\cpp_7_3_0

Макропеременная $(VisualStudioDir) в Visual Studio автоматически раскрывается в C:\Users\MyUsername\Documents\Visual Studio 2019, именно поэтому был выбран этот странный каталог.

Перечень файлов не исчерпывающий, но достаточный для компиляции большинства проектов. Следует понимать, что эти файлы требуются только для подсистемы IntelliSense, создающей удобства работы в Visual Studio. Компиляция происходит полностью на удалённой машине, поэтому даже если какого-то файла не хватает или в текстовом редакторе Visual Studio подчёркнута ошибка, это не значит, что на хосте тоже будет ошибка компиляции.

В Visual Studio 2019 на той же вкладке добавлены поля выбора стандартов языков C и C++, особенности которых IntelliSense должна учитывать при анализе кода.

Далее всё в том же окне свойств проекта перейдите на вкладку "Удалённая сборка" (**рис. 4**) и начните заполнять её поля, как показано в **табл. 2**. Для простоты понимания компилируйте кросс-приложение myapptemplate [6]. Информация в табл. 2 относится исключительно к конфигурации MIPS, а выходной исполняемый файл предназначен исключительно для одноплатного компьютера Omega2. А теперь сравните значения тех же полей для компиляции на хосте (x64), которые тоже можно добавить в конфигурацию Debug/x64.

Однако сразу же перекомпилировать приложение под другую платформу, просто сменив конфигурацию, не получится. Сначала требуется выполнить конфигурирование с помощью скрипта ./configure или ./configure-mips-openwrt.sh [--with-debug] в удалённом корневом каталоге проекта на хосте.

На этом настройка проекта Makefile в Visual Studio завершена, осталось добавить исходные файлы в проект, если это не было сделано ранее. Можно, например, вручную скопировать их с удалённой машины в папку проекта Visual Studio, а затем добавить в обозреватель стандартными средствами.

Пришло время попробовать скомпилировать проект, нажав комбинацию клавиш Ctr+B. На консоль будут выводиться сообщения о ходе компиляции, в том числе об ошибках, если они будут обнаружены.

Всякий раз перед началом компиляции Visual Studio синхронизирует исходные файлы через rsync и отправит их на хост. Таким образом, файлы на удалённой машине будут оставаться актуальными. В остальных настройках проекта Makefile в Visual Studio можно разобраться самостоятельно.

Кроме файлов с исходными текстами программ в проекте часто присутствуют и другие, например, README.md, configure.ac, Makefile.am, .gitignore — те, которые не нужно всякий раз копировать на хост перед компиляцией. Обычно Visual Studio автоматически распознаёт, какие файлы нужно или не

Таблица 1

Каталог с заголовочными файлами OpenWRT SDK	Каталог назначения
<my_remote_sdk_dir>/staging_dir/toolchain-mipsel_24kc_gcc-7.3.0_musl/include	C:\Users\MyUsername\Documents\Visual Studio 2019\OpenWRT_headers\sysinc
<my_remote_sdk_dir>/staging_dir/toolchain-mipsel_24kc_gcc-7.3.0_musl/mipsel-openwrt-linux-musl/include/c++/7.3.0	C:\Users\MyUsername\Documents\Visual Studio 2019\OpenWRT_headers\cpp_7_3_0
<my_remote_sdk_dir>/staging_dir/target-mipsel_24kc_musl/usr/include/*	C:\Users\MyUsername\Documents\Visual Studio 2019\OpenWRT_headers\ext_libs

Примечание. В этом каталоге помещают заголовочные файлы сторонних библиотек (dev-версии библиотек), которые можно добавить и скомпилировать в SDK, если таковые требуются проекту.

Таблица 2

Название поля	Значение
Командная строка для сборки	./xmake.sh
Командная строка для перестроения всех файлов	make --silent clean && ./xmake.sh
Командная строка для очистки	make --silent clean
Выходные данные*	Helloworld

Примечание. В рассматриваемом проекте это выходной исполняемый (двоичный) файл, путь к которому указывают относительно корневого удалённого каталога сборки.

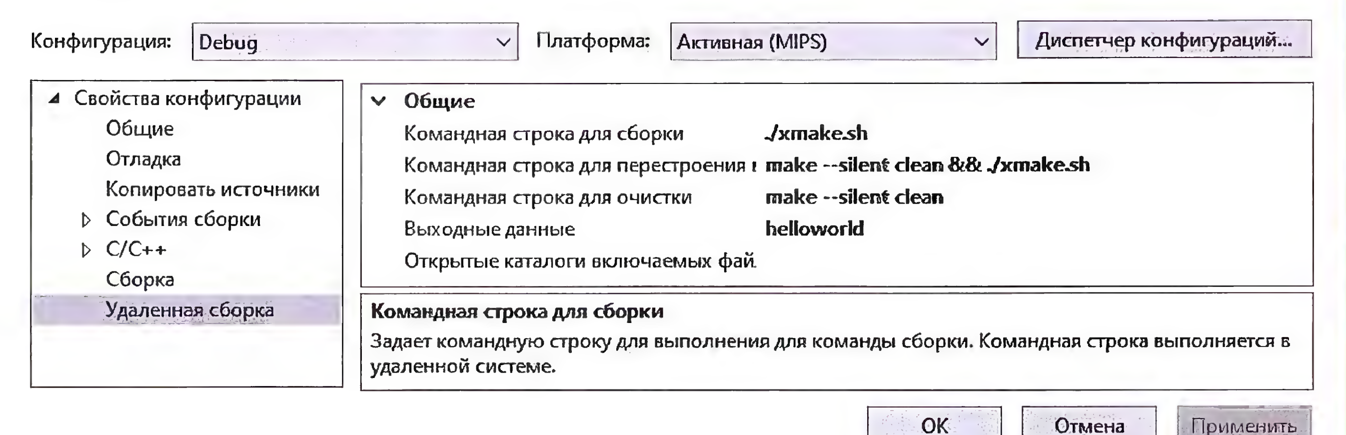


Рис. 4

Таблица 3

```
# Блок действий при условии кросс-компиляции
if CROSS_COMPILE

# Адрес хоста и имя пользователя для удалённой установки
#      Действительно только для кросс-компиляции
REMOTE_HOST := 192.168.31.124
REMOTE_HOST_USER := root

remote-install: $(bin_PROGRAMS)
 rsync -tlpov $(bin_PROGRAMS) $(REMOTE_HOST_USER)@$(REMOTE_HOST):@bindir@
 @echo Remote installation successful.

remote-uninstall:
 @ssh $(REMOTE_HOST_USER)@$(REMOTE_HOST) rm -f $(addprefix $(bindir)/,$(bin_PROGRAMS))
 @echo Remote uninstallation is done successful!

remote-reinstall: remote-uninstall remote-install

.PHONY : remote-install remote-uninstall remote-reinstall
endif
```

нужно считать исходными, но это можно задать и принудительно в свойствах файла.

В Visual Studio 2017 замечен дефект, в результате которого исходные файлы после изменения в Visual Studio не отправляются на хост. Чтобы устранить его, требуется открыть файл C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Application Type\Linux\1.0\Linux.Makefile.targets, отыскать в нём тег, начинающийся <Target Name="PrepareForNMakeBuild"..., и в его атрибуте "DependsOnTargets" в уже имеющийся список добавить пререквизит _RequiresRemoteConnection, который обязательно должен быть первым перед пререквизитом _CopySources.

В той же версии Visual Studio имеется дефект, в результате которого после перезагрузки IntelliSense обращается к заголовочным файлам MS Visual C++, не обращая внимания на предустановки проекта. Устранить его можно, внеся изменения в файл C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Application Type\Linux\1.0\Linux.Makefile.targets.

Необходимо отыскать в нём ветку с тегом <Target Name="_FixupRemoteIntelliSenseIncludes" ...><ComputeHeaders... и изменить значение атрибута IncludePath "$(IncludePath)" на "$(NMakeIncludeSearchPath)". Далее удалить подтег <Output TaskParameter="TranslatedSources" ItemName="TranslatedClCompile"/>.

Удалённая установка

После того, как удалось кросс-скомпилировать приложение, чтобы проверить его работу, выходной двоичный (исполняемый) файл нужно скопировать на одноплатный компьютер Omega2 и там его запустить. Всякий раз делать это после компиляции вручную затруднительно, к тому же для Linux в общем случае простое копирование в какой-нибудь временный директорий — способ плохой, поскольку многие приложения обычно требуют сопутствующие ресурсы для своей работы — файлы конфигураций и данных, библиотеки. В Linux все файлы принято располагать в специальных каталогах с абсолютными (однозначными) путями к ним, а не относительно каталога программы (как принято в Windows). Это позволяет по терминалу запускать приложение из любого текущего каталога, не переходя в рабочий каталог, как в Windows.

Проще говоря, после компиляции необходимо все рабочие файлы скопировать в рекомендованные каталоги одноплатного компьютера — произвести удалённую установку (инсталляцию) приложения. Если это заложить сразу, впоследствии не потребуется вносить какие-нибудь запутанные отладочные макрокоманды в исходный текст. В **табл. 3** в качестве примера приведён фрагмент текста файла Makefile.am из проекта myapptemplate, выполняющий такую удалённую инсталляцию и деинсталляцию.

Это текст обычного Makefile для утилиты Make [7]. Собственно копирование (установку) приложения выполняет известная утилита rsync, которая не будет копировать файл вообще, если такой уже существует и совпадает по объёму и дате создания. Блоки (targets) remote-install, remote-uninstall производят копирование и удаление файлов на удалённой машине (одноплатном компьютере).

Для проверки работы удалённой установки нужно в терминале хоста набрать команду

make remote-install

С первого раза настроить всё правильно обычно не получается. Требуется сначала разобраться, как приведённый фрагмент программы работает. Чтобы каждый раз не вводить пароль, лучше использовать доступ хоста к одноплатному компьютеру по ключу. О том, как это сделать, рассказано в [1]. Фрагмент из табл. 3 подойдёт и к простому Makefile, если принудительно подставить вместо макропеременных Autotools @bindir@ имя каталога /usr/bin. Для высокоуровневых ОС простые Makefile обычно никто не пишет, взамен пользуются системами сборки Automake, CMake и другими.

Осталось только вписать в Visual Studio команду "удалённого события

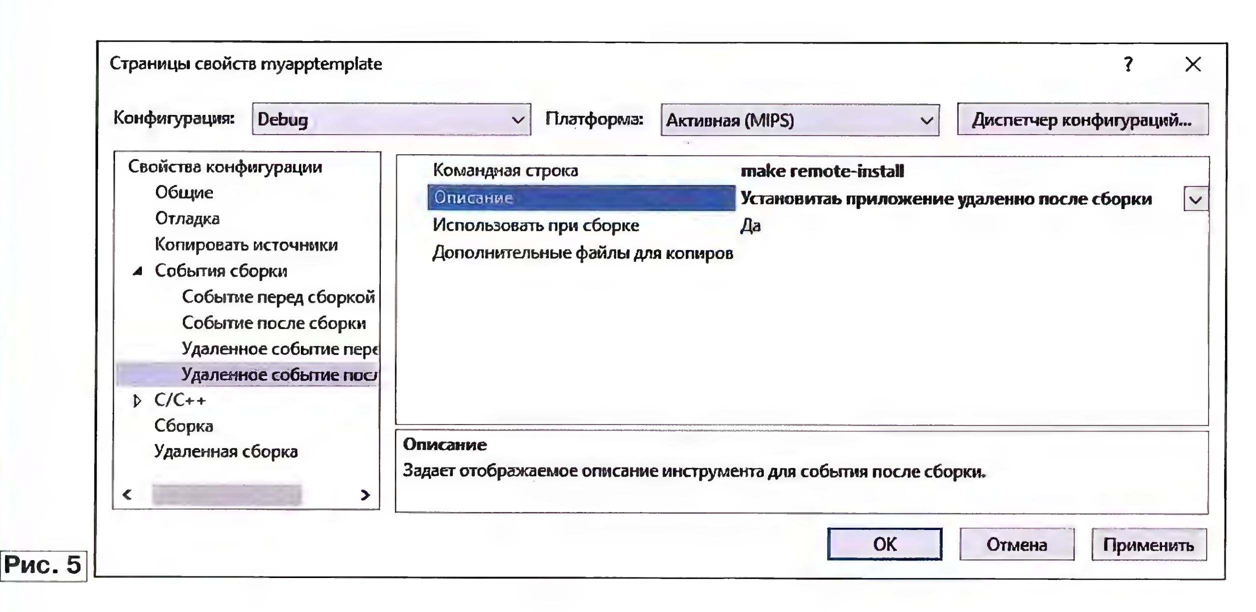


Рис. 5

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

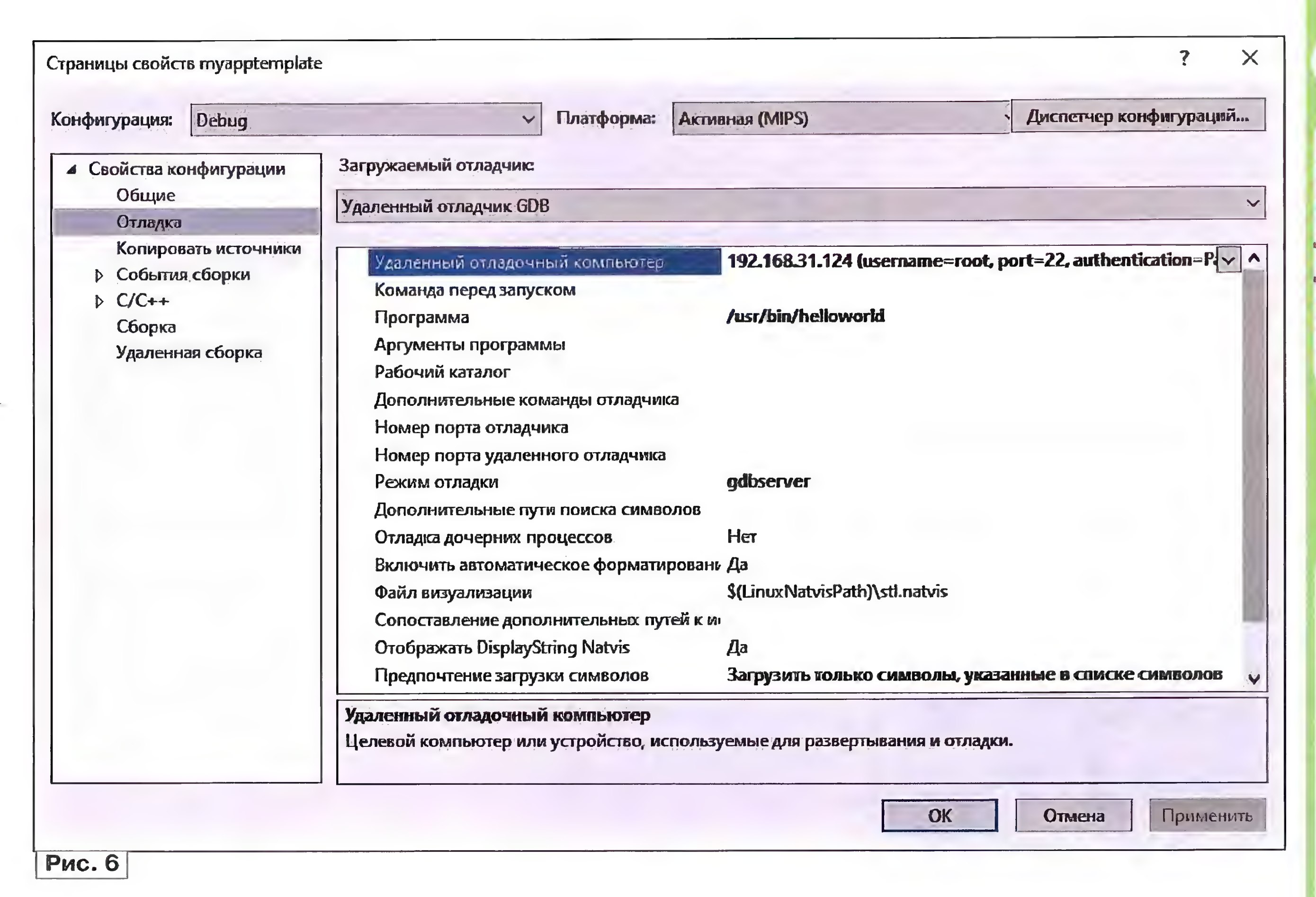


Рис. 6

после сборки" в свойства проекта, как на **рис. 5**. Её можно будет включать и отключать значением в поле "Использовать при сборке". Такая команда полезна только для отладки, для конфигурации Release/MIPS она не требуется.

Удалённая отладка

Настало время перейти к самому интересному пункту, ради которого автор рекомендует IDE Visual Studio. До 90 % времени работы над программой программист тратит на её отладку. Для начинающих профессиональная отладка сложна в понимании, и они её часто пропускают, а взамен чуть ли не после каждой строки программы вставляют функции printf, чтобы просмотреть текущие значения переменных. Такой метод отладки быстро надоедает. Если уж решено программировать на C, нужно идти до конца и научиться пользоваться отладчиком.

Отладчик GDB [8] (самый популярный для Linux) — очень мощный инструмент с огромными возможностями, но он консольный, отлаживать программу в терминале — зрелище не для слабонервных, придётся изучить полсотни только его команд. К счастью, в Visual Studio этот отладчик хорошо интегрирован и позволяет работать так же, как с многооконным отладчиком Visual C++. Именно из-за графического интерфейса инструмента Visual Studio была выбрана автором для разработки приложений Linux.

Visual Studio обеспечивает два способа отладки — непосредственно GDB, запускаемый интерактивно на удалённой машине, и с помощью GDB Server. Для работы с одноплатным компьютером предпочтительнее второй способ. Он расходует меньше ресурсов и не требует установки самого отладчика. Для удалённой отладки с помощью отладчика GDB, работающего на другой машине, достаточно небольшой программы gdbserver. Сам же отладчик GDB уже присутствует в Visual Studio локально. Он будет подключаться к gdbserver одноплатного компьютера, на котором для этого потребуется установить пакет gdbserver следующими командами:

```
opkg update
opkg install gdbserver
```

Далее в Visual Studio требуется создать новое подключение к удалённой машине (одноплатному компьютеру) по аналогии с подключением к хосту кросс-компиляции. После создания подключения нужно открыть знакомый диалог свойств проекта и перейти во вкладку "Отладка", показанную на **рис. 6**.

В самой первой строке нужно выбрать правильное подключение (к одноплатному компьютеру, а не к хосту), затем заполнить поле "Рабочий каталог" и задать режим отладки gdbserver. Поставьте точку останова, например, на функции main и запустите отладку приложения нажатием на клавишу F5. Продолжительность запуска (подготовки) отладки непривычно велика, поэтому рекомендуется писать и отлаживать приложение сначала на быстром хосте в конфигурации Debug/x64, а на финальных шагах отладки и в местах работы с периферией (SPI, I^{2}C, GPIO) переключать конфигурацию на Debug/MIPS, переконфигурировать проект и работать медленнее.

Для работы с отладчиком приложение обязательно должно быть скомпилировано с отладочной информацией и без оптимизации. Это задают флагами компилятора (см. файл Makefile.am). Именно по этой причине в Visual Studio по умолчанию присутствуют версии конфигураций Debug (отладочные) и Release (финальные, оптимизированные). В ранних версиях одноплатного компьютера Omega2 удалённая отладка не работала, подключение к gdbserver сразу же разрывалось. Всё, что описано в настоящей статье, применимо не только к Omega2, но и к другим Linux-системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иншаков В.** Одноплатные компьютеры семейства Onion. — Радио, 2020, № 6, с. 18—23.

2. **Иншаков В.** Кросс-компиляция приложений C/C++ для одноплатного компьютера Omega2+. — Радио, 2020, № 7, с. 18—20.

3. Всё, что требуется для создания отличных приложений. Предоставляется бесплатно. — URL: **https://visualstudio.microsoft.com/ru/free-developer-offers/** (16.06.2020).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

4. **Рендольф Н.** и др. Visual Studio 2010 для профессионалов. — М.: ООО "И. Д. Вильямс", 2011.

5. Разработка для Linux на C++. Создание и отладка приложений для Linux. — URL: **https://docs.microsoft.com/ru-ru/cpp/linux/?view=vs-2019** (16.06.2020).

6. **Иншаков В.** Myapptemplate. — URL: **https://bitbucket.org/hlorka/myapptemplate** (16.06.2020).

7. GNU Make Manual. — URL: **https://www.gnu.org/software/make/manual/** (16.06.2020).

8. **Столмен Р.** и др., **Сиваченко Д.** (пер. с англ.) Отладка с помощью GDB, ред. 8. — URL: **https://www.opennet.ru/docs/RUS/gdb/** (16.06.2020).

Зарядные устройства с автоматическим отключением

В. СТЕПАНОВ, г. Егорьевск Московской обл.

Ресурс аккумуляторов зависит от многих факторов, в том числе от соблюдения режимов эксплуатации. Важно не допускать глубокой разрядки и избыточной зарядки. Для управления зарядкой Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов предназначены устройства, автоматически останавливающие её после накопления полного заряда, некоторые из них описаны в статье, предлагаемой вниманию читателей.

Зарядные устройства разной сложности и разных ценовых категорий для Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов выпускаются промышленностью. Простые обеспечивают зарядный ток в определённых пределах. Контроль зарядки такими устройствами осуществляет владелец доступным ему способом. Обычно это определённое время зарядки установленным током или достижение напряжения на аккумуляторе, соответствующего полной зарядке.

Последний способ считается более достоверным. При контроле напряжения нет необходимости поддерживать ток зарядки неизменным. Ток может быть в интервале от 0,1С до 2С, в зависимости от типа аккумулятора (С — ёмкость аккумулятора в А·ч). По мере накопления аккумулятором заряда напряжение на нём растёт до определённого значения. После накопления полной ёмкости рост прекращается, и напряжение на аккумуляторе немного уменьшается [1]. Если прекращать зарядку после достижения определённого напряжения на аккумуляторе, близкого к максимальному, не дожидаясь его понижения, аккумулятор будет заряжен практически полностью.

Реализовать функцию автоматического отключения несложно с помощью порогового элемента, например, триггера Шмитта или компаратора. В качестве прототипа ЗУ взято устройство с пороговым элементом на триггере Шмитта [2]. В нём есть контроль

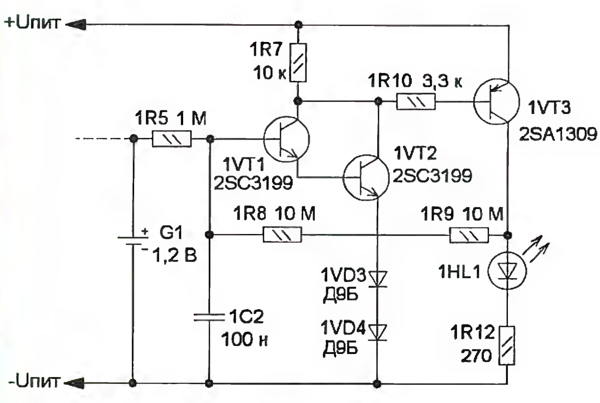


Рис. 1

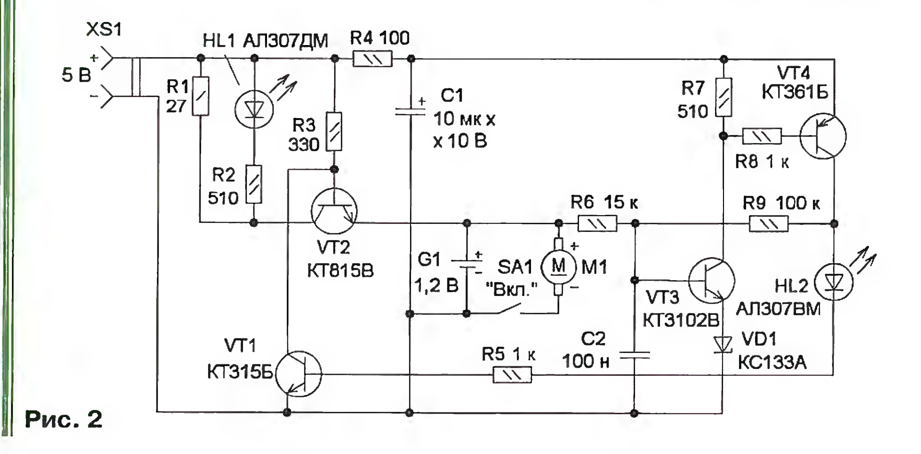


Рис. 2

напряжения на аккумуляторе, который показывает полную зарядку, но нет функции автоматического прерывания зарядного тока. Прерывать зарядный ток можно, установив электронный ключ в цепь тока зарядки и управляя им от индикатора полной зарядки.

Для питания устройства использовано ЗУ мобильного телефона. Обычно их называют зарядка , и они обеспечивают стабильное напряжение 5 В и ток нагрузки 300...700 мА (зависит от производителя и типа телефона, который комплектует устройство). Сначала устройство было проверено на макете. Ток зарядки аккумулятора ёмкостью 600 мА·ч был выбран 120 мА, т. е. 0,2С. Контролируемым напряжением на аккумуляторе определена точка перегиба зарядной характеристики на завершающем этапе зарядки. Было установлено напряжение отключения $U_{откл}$=1,5 В. В результате требуемые параметры устройства подтвердились. Однако после монтажа в корпусе оказалось, что работает оно нестабильно. Время полной зарядки оказалось значительно меньше расчётного и различалось в разных циклах. Продолжительность работы на разрядку также неодинаково и показывает неполную зарядку аккумулятора.

Анализируя схему прототипа (фрагмент его схемы показан на **рис. 1**), я пришёл к выводу, что причина в очень малом токе базы транзистора 1VT1. Очевидно, что транзисторы 1VT1 и 1VT2 и резистор 1R5 сопротивлением 1 МОм установлены для уменьшения разрядки постоянно подключённого к ним аккумулятора.

При расчёте режима автор [2] исходил из того, что триггер переключится при токе эмиттера составного транзистора 1VT1, 1VT2, равном 30 мкА. Однако он не учёл, что нагрузка этих транзисторов 1R7 = 10 кОм. При $U_{бэ1VT3}$ = = 0,6...0,7 В (как и других кремниевых транзисторов) транзистор 1VT3 открывается. Такое напряжение на сопротивлении 10 кОм создаст ток 60...70 мкА. Даже при наименьшем $h_{21э}$ = 70 транзисторов 2SC3199, применённых в составном транзисторе, такой ток в нагрузке обеспечит ток базы 1VT1 около 0,014 мкА, что вполне сопоставимо с обратным током коллектора $I_{ко}$ ≤ 0,1 мкА для транзистора 2SC3199. Кстати, следует отметить, что на возможность влияния температуры на характеристики прибора указывает и автор [2].

Поэтому схема ЗУ доработана, она показана на **рис. 2**. При подаче питания на разъём XS1 зарядный ток протекает в основном через резистор R1, а также через резистор R3 и переход база—эмиттер транзистора VT2. Падение напряжения на резисторе R1 вызывает ток в цепи R2HL1, и светодиод светит и сигнализирует о режиме зарядки аккумулятора.

Пороговое устройство собрано на транзисторах VT3 и VT4. В цепь эмиттера транзистора VT3 в прямом направлении включён стабилитрон VD1. Суммарное напряжение последовательно включённых p-n переходов транзистора и стабилитрона определяет напряжение их открывания — примерно 1,35 В.

В процессе зарядки аккумулятора G1 напряжение на нём растёт. Вместе с ним растёт ток базы транзистора VT3 и соответственно ток в цепи его коллектора и через резистор R7. Когда напряжение на этом резисторе достигнет напряжения открывания транзистора VT4, напряжение на его коллекторе увеличится, и за счёт положительной обратной связи через резистор R9 транзисторы VT3 и VT4 переключатся в открытое состояние (режим насыщения). Потечёт ток через резистор R5, светодиод HL2 и переход база—эмиттер транзистора VT1. Последний откроется, напряжение на его коллекторе и, соответственно, на базе транзистора VT2, уменьшится, он закроется, и зарядка прекратится. Светодиод HL2 сигнализирует об этом.

Фильтр R4C1 подавляет пульсации питающего напряжения. Резистор R8 ограничивает ток коллектора VT3 и ток базы VT4 до безопасного значения.

В конструкции [2] автор применил на входе порогового элемента составной транзистор для уменьшения тока, потребляемого им от неотключаемого аккумулятора. В предложенном варианте ток управления пороговым устройством во время его срабатывания (ток разрядки аккумулятора G1 после отключения питания имеет такое же значение) не превышает 8 мкА. Такой ток за один месяц разрядит аккумулятор ёмкостью 600 мА·ч менее чем на 1 % его ёмкости, что сравнимо с током саморазрядки Ni-Cd аккумуляторов. При этом расчёте не учитывается уменьшение тока при снижении напряжения на аккумуляторе, которое, как известно, и при отсутствии внешней разрядной цепи уменьшается сразу после отключения от источника зарядного тока. Кроме того, ток через резистор R6 существенно уменьшается при уменьшении напряжения на аккумуляторе и практически прекращается, когда напряжение аккумулятора снижается до 1,35 В.

Транзистор КТ815 может быть с любым буквенным индексом, его можно заменить на транзистор серии КТ830 или другой, отечественного или импортного производства с допустимым током коллектора не менее 0,5 А и напряжением насыщения не более 0,5 В. Транзистор VT1 — КТ315, КТ3102 с любым буквенным индексом. Транзистор VT3 — КТ3102Г—КТ3102Е или другой структуры n-p-n отечественного или импортного производства, имеющий $h_{21э}$ ≥ 150 и $I_{ко}$ ≤ 0,015 мкА, VT4 — любой маломощный соответствующей структуры. Стабилитрон VD1 следует подобрать по наибольшему прямому напряжению. Сделать это можно с помощью омметра по наибольшему сопротивлению. Проверка некоторых типов диодов показала, что такие экземпляры чаще встречаются среди низковольтных стабилитронов и варикапов КВ109. Светодиоды — серии АЛ307 или другие отечественные или импортные с прямым током до 20 мА, желательно разного цвета свечения для большей информативности о режиме работы. Конденсатор C1 — оксидный К50-35 или импортный, конденсатор C2 — керамический или плёночный. Резисторы — МЛТ или любые другие, подходящие по мощности и размерам. Розетка XS1 — микроUSB, SA1 — выключатель электробритвы.

Устройство собрано в корпусе электробритвы SUNNI RM-109 на имеющейся плате, с которой удалены детали и часть печатных проводников. Монтаж проведён с помощью проволочных перемычек, светодиоды установлены рядом против окна в корпусе, в которое выходил индикаторный светодиод исходной конструкции. Резистор R1 следует установить как можно дальше от транзистора VT3 и стабилитрона VD1.

Для налаживания в собранную конструкцию на место аккумулятора G1 устанавливают истощённый щелочной элемент типоразмера AA. Подключают устройство к тому источнику питания, с которым впоследствии оно будет работать. К элементу подключают вольтметр, следят за его показаниями в процессе зарядки и определяют напряжение отключения. Если оно отличается от 1,5 В (или другого, если выбрано таковое), корректируют его подборкой резистора R6. При увеличении сопротивления резистора напряжение отключения увеличивается, а при уменьшении — уменьшается. После того, как выбранное напряжение отключения установлено, нужно несколько раз проверить его отключением и подключением зарядного устройства к сети. Если результат подтверждается, надо установить на место элемента аккумулятор, который будет работать в приборе.

Такое устройство можно использовать для зарядки аккумуляторов ёмкостью до 2,8 А·ч, т. е. практически всей номенклатуры имеющихся в продаже аккумуляторов. Для этого следует подобрать резистор R1 так, чтобы ток зарядки $I_{зар}$ = 0,3 А. Для аккумуляторов ёмкостью 0,6 А·ч это будет 0,5С, а ёмкостью 2,8 А·ч — 0,1С.

XS1 5 В + − R1 27 HL1 АЛ307ДМ К R4 R3 330 R2 510 VT2 КТ815В XT1 G1 1,2 В XT2 К R6 XT3 G2 1,2 В XT4 VT1 КТ315Б К R5 К C1, C2, VD1

Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

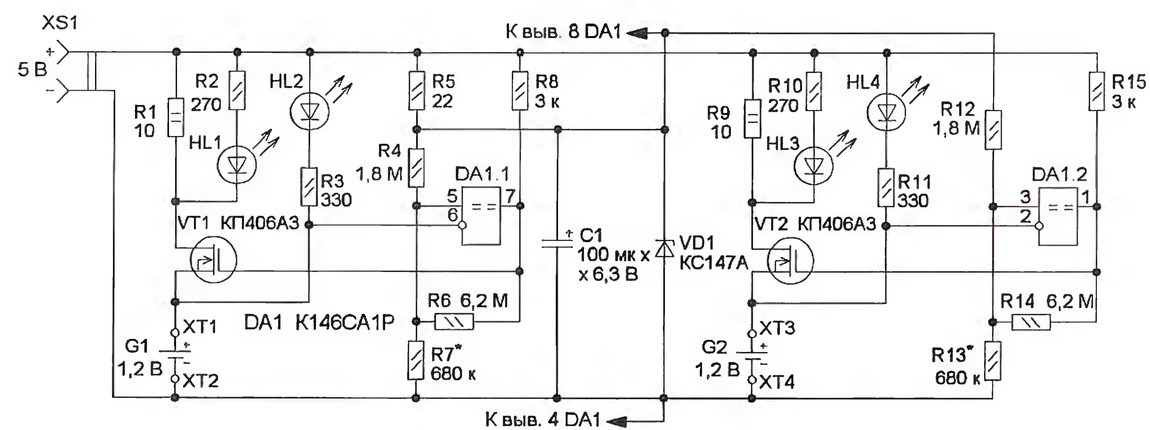


Рис. 4

При этом $R1 = (5 - (U_{насVT1}+U_{G1}))/I_{зар} = (5 - (0{,}5+1{,}5))/0{,}3 = 10$ Ом, где $U_{насVT1}$ — напряжение насыщения коллектор—эмиттер транзистора VT1. Соответственно надо пересчитать резистор R3, чтобы транзистор VT2 при токе коллектора 0,3 А находился в режиме насыщения. Для этого ток базы должен быть $I_б = I_{зар}/10$. Для КТ815В R3 = 100 Ом.

Почти не изменяя схему устройства, можно заряжать два аккумулятора (**рис. 3**). Но измерение напряжения происходит только на одном из них. Расчёт сопротивления резисторов R1 и R3 описан выше. На место VT2 следует установить транзистор серии КТ815, так как сопротивление резистора R3 будет мало, поскольку ток коллектора транзистора VT2 при отключении зарядки будет значительным.

Повысить точность и стабильность отключения процесса зарядки можно, если применить компаратор (**рис. 4**). При этом входной ток компаратора не превысит 0,25 мкА. Подойдёт микросхема сдвоенного компаратора с низким напряжением питания, например, КР1464СА1 [3] или LM393. В качестве управляющего ключа применён полевой транзистор КП406А3 или импортный 3055L. Можно попробовать и другие, управляемые логическими уровнями на затворе. При налаживании следует учитывать, что увеличение сопротивления резисторов R4 и R12 приведёт к уменьшению порога переключения. Увеличение сопротивления резисторов R7 и R13 приведёт к увеличению порога переключения. Увеличение сопротивления резисторов R6 и R14 приведёт к уменьшению гистерезиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые виды аккумуляторов. — Радио, 1998, № 1, с. 49.

2. **Бутов А.** Доработка электробритвы. — Радио, 2012, № 8, с. 50, 51.

3. К1464СА1. Сдвоенный компаратор напряжения. — URL: **https://ecworld.ru/support/ssf/ds/k1464sa1.pdf** (14.06.20).

Повышение точности измерения ЭПС конденсаторов

И. БОГАТЫРЁВ, В. ДОЦЕНКО, г. Харьков, Украина

При "оживлении" в очередной раз компьютерного блока питания путём простой замены высоковольтных оксидных конденсаторов в полумостовом преобразователе напряжения был сделан вывод, что причиной отказа является не потеря ёмкости конденсаторов (она осталась в пределах допуска), а повышено эквивалентное последовательное сопротивление (ЭПС). После замены конденсаторов блок питания нормально функционировал один или два года, а затем всё повторялось. Такая ситуация может иметь место в двух случаях. Либо оксидные конденсаторы низкого качества, либо они недостаточно хорошо зашунтированы керамическими или плёночными конденсаторами. В результате через них протекает значительный импульсный ток с крутыми фронтами, что и приводит к их быстрой деградации. В любом случае оценивать ЭПС конденсаторов, особенно работающих в импульсных источниках питания, необходимо в режиме быстрого изменения тока длительностью от сотен наносекунд до единиц микросекунд.

Журнал "Радио" уделяет достаточно внимания проблеме оценки (или измерения) ЭПС оксидных конденсаторов. Большинство публикаций по этому вопросу в итоге сводятся к измерению напряжения на конденсаторе при питании его переменным синусоидальным током малой амплитуды. При этом ЭПС вычисляется как отношение минимума напряжения на кривой к величине питающего тока [1]. Однако

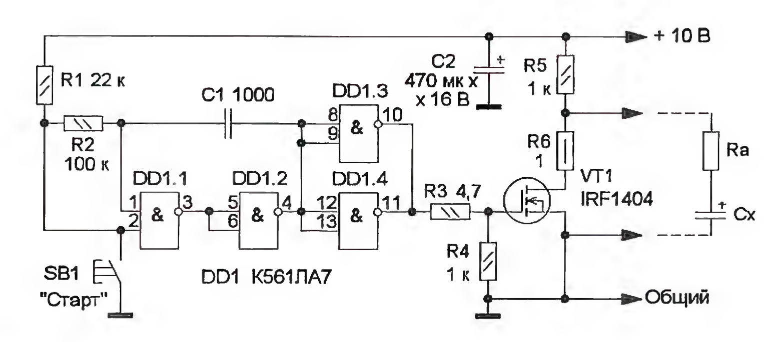


Рис. 1

здесь речь идёт об испытании синусоидальным током, и результат для конкретного образца (1000 мкФ, 63 В) весьма хорош — 0,04 Ом на частоте 100 кГц. Максимальная скорость изменения напряжения на конденсаторе при этом в момент перехода через

формула для расчёта R_a записывается так:

$R_a = (\Delta U/U2) \cdot R_p$,

где R_p — резистор R6 сопротивлением 1 Ом. При таком номинале R_a численно равно отношению ΔU/U2, что упрощает расчёт.

Выводы измерителя, к которым подпаивают испытуемый конденсатор, по той же причине должны быть максимально короткими и иметь сечение не менее 0,5 мм^2. После пайки конденсатора необходимо дать ему остыть. Измерения следует повторять до тех пор,

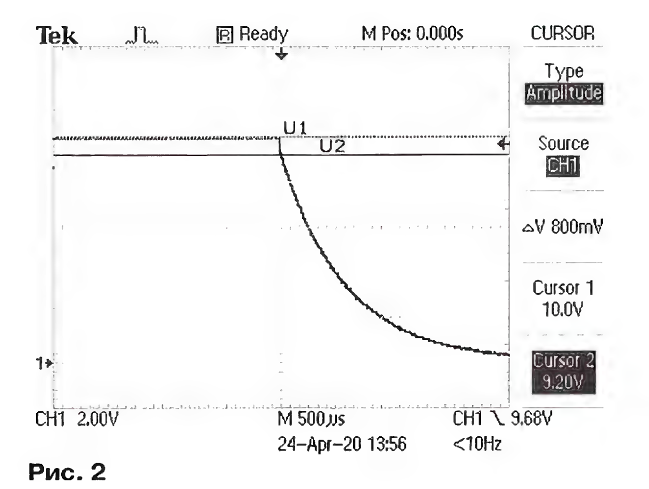


Рис. 2

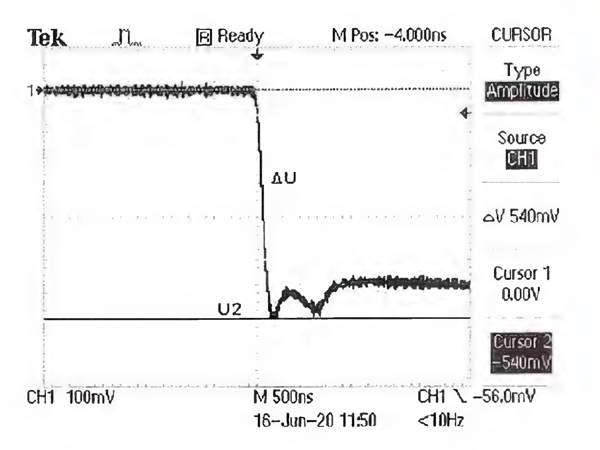


Рис. 3

ноль не превышает 1 В/мкс. Однако в импульсных источниках питания конденсаторы имеют дело с бросками тока при практически неизменном напряжении в момент открывания транзистора, нагруженного на высокочастотный трансформатор. В зависимости от мощности блока питания эти броски могут иметь значение от долей ампера до нескольких ампер с длительностью фронта несколько сотен наносекунд.

Исходя из вышесказанного, представляется более корректно оценивать ЭПС конденсатора методом "наброса" тока, как это предлагается в [2]. Естественно, при этом в ЭПС будет входить не только активная, но и индуктивная составляющая, как бы мала она ни была.

Схема устройства приведена на **рис. 1**. Она упрощена по сравнению с оригиналом [2] и может быть собрана на макетной плате в течение получаса. Ставилась цель не только упростить схему, но и повысить точность оценки (измерения) ЭПС. Правда, для этого необходим цифровой запоминающий осциллограф. В данном случае был использован Tektronix TDS1012B. Но подойдёт и любой другой с полосой пропускания 60...100 МГц.

На элементах DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1 собран узел подавления дребезга кнопки SB1 [3]. Элементы DD1.3 и DD1.4 соединены параллельно для увеличения выходного тока. Процедура измерения начинается нажатием на кнопку SB1. Питать устройство следует от стабилизированного источника питания напряжением, не превышающим +15 В. Это же напряжение является напряжением U1 в формуле для расчёта R_a в [2]. Напряжение U2 получают путём вычитания вертикального перепада напряжения из напряжения U1, а

Повышение точности оценки (измерения) достигается тем, что на экран осциллографа выводится не вся осциллограмма разрядки конденсатора Cx (**рис. 2**), а только перепад напряжения U (**рис. 3**), а следовательно, и определение U2 получается точнее. Для этого вход осциллографа необходимо переключить в режим AC (переменное напряжение), а запуск триггера горизонтальной развёртки — в положение "NORM" (ждущий).

Конденсатор C1 — любой низковольтный плёночный или керамический. Резисторы — МЛТ, С2-33. Резистор R6 был отобран из резисторов с погрешностью ±1 %, хотя это зависит от желаемой точности измерения, и в принципе, погрешность ±5 % для инженерных расчётов вполне достаточна. Транзистор IRF1404 был выбран из-за чрезвычайно малого сопротивления открытого канала — не более 4 мОм. Причём открываться он начинает уже при напряжении затвор—исток 4 В. Кнопка — любая малогабаритная с самовозвратом.

Ввиду малости измеряемых сопротивлений рекомендуется соединять испытуемый конденсатор с измерителем с помощью пайки. При этом подпаиваться нужно как можно ближе к корпусу конденсатора, чтобы уменьшить влияние индуктивности выводов, если они проволочные. Проведённый эксперимент с конденсатором CapXon (100 мкФ, 63 В, 105 °С) весьма убедительно подтвердил это пожелание. Когда выводы измерителя припаяны к концам проволочных выводов конденсатора, был получен результат — 0,1 Ом. После подпайки выводов измерителя непосредственно возле корпуса конденсатора получен результат — 0,05 Ом, т. е. вдвое меньше. Это при том, что длина выводов была равна всего лишь 20 мм.

пока осциллограмма окончательно не установится. Для того чтобы не потерять в точности оценки ЭПС, следует пользоваться измерениями с помощью курсоров. Эта опция имеется у всех цифровых запоминающих осциллографов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Степанов Б.** ЭПС и не только... — Радио, 2005, № 8, с. 39—42.

2. **Нечаев И.** Оценка эквивалентного последовательного сопротивления конденсатора. — Радио, 2005, № 12, с. 25, 26.

3. **Бирюков С. А.** Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1990, 128 с.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Усовершенствованный измеритель ёмкости и ЭПС конденсаторов

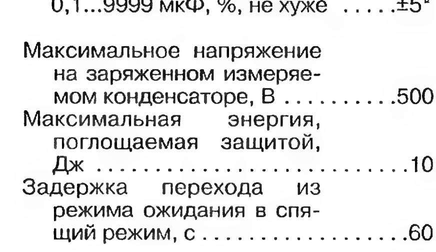
Б. БАЛАЕВ, г. Нальчик, Кабардино-Балкария

Первый вариант этого прибора, описание которого было опубликовано в [1], заинтересовал многих читателей. В процессе пользования, а также повторения радиолюбителями этого прибора выявились некоторые недочёты, способы устранения которых без изменения конструкции приведены в [2]. Кроме того, прибор оказался "слишком" экономичным, и использование в качестве источника питания литий-ионного аккумулятора теперь кажется избыточным. В авторском экземпляре использовался аккумулятор ёмкостью 1000 мА·ч и, представьте себе, он уже год работает без единой подзарядки! С учётом сказанного была разработана версия прибора с питанием всего от одного элемента типоразмера ААА, свободная от недостатков прототипа при сохранении мощной защиты входа и неплохой точности при внутрисхемных измерениях.

Схема новой версии прибора существенно упрощена, более тщательно подобраны компоненты. Площадь печатной платы стала на 20 % меньше. Основные возможности описываемого прибора остались прежними: измерение ёмкости и ЭПС конденсаторов без выпаивания из платы; питание от одного элемента типоразмера ААА; малый потребляемый ток в режиме ожидания и переход в спящий режим с экстремально малым потреблением; защита от случайного подключения заряженного конденсатора; одновременное измерение ёмкости и ЭПС конденсатора, возможность измерения активного сопротивления участков цепей. Практически в 100 % случаев прибор позволяет проверять конденсаторы, не выпаивая их из устройства, в котором они установлены.

Основные технические характеристики

Напряжение питания, В . . . . . .1,1...1,6
Средний ток потребления, мА:
в режиме измерения 50
в режиме ожидания 16
в спящем режиме 0,055
Пределы измерения ёмкости, мкФ . . . . .0,1... 999999
Пределы измерения активного сопротивления, в том числе ЭПС, Ом:
общий . . . . .0,01...700
в режиме "миллиомметр" . . . . .0,01...9
Погрешность измерения сопротивления в интервале 0,01...60 Ом, %, не хуже . . . . .±3*
Погрешность измерения ёмкости в интервале 0,1...9999 мкФ, %, не хуже . . . . .±5*


Максимальное напряжение на заряженном измеряемом конденсаторе, В 500
Максимальная энергия, поглощаемая защитой, Дж 10
Задержка перехода из режима ожидания в спящий режим, с 60

**Примечание.* Плюс-минус две единицы младшего разряда индикатора.*

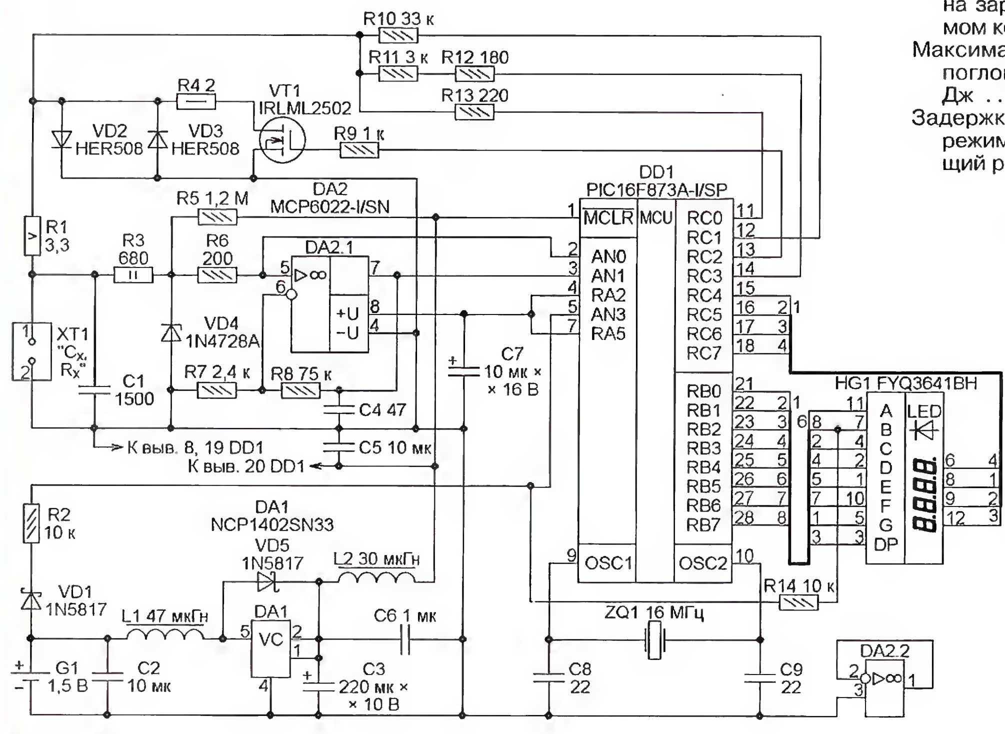


Рис. 1

Следует отметить, что при измерении конденсатора с ЭПС более 60 Ом погрешность измерения его ёмкости возрастает. То же можно сказать о погрешности измерения ЭПС конденсаторов небольшой ёмкости.

Принципиальная схема прибора показана на **рис. 1**. Остановимся в основном на отличиях схемы от опубликованной в [1]. Микроконтроллер DD1 PIC16F873A-I/SP питается напряжением 3,3 В от повышающего преобразователя напряжения на микросхеме DA1 NCP1402SN33, диоде VD5, дросселе L1 и конденсаторах C2, C3, C6. Эта микросхема отличается

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

высоким КПД и малым собственным током потребления. Напряжение питания микроконтроллера дополнительно очищается от высокочастотных (около 150 кГц) пульсаций фильтром L2C5.

Как и в [1], применена поэлементная динамическая индикация с автоматическим определением конфигурации индикатора (с общими анодами или общими катодами разрядов). На индикаторе HG1 попеременно два раза в секунду сменяются два четырёхзначных значения — как правило, это ёмкость и сопротивление или два "слова" служебного сообщения.

Принцип измерения ёмкости и ЭПС конденсатора основан на его зарядке известным стабильным током. Для упрощения прибора в качестве источников тока использованы обыкновенные резисторы. Дело в том, что напряжение на измеряемом конденсаторе в процессе его зарядки изменяется незначительно (максимум на 0,1 В), что намного меньше напряжения питания (3,3 В). Поэтому изменениями тока в процессе измерения можно пренебречь.

быстро поглощает запасённую в конденсаторе энергию, разгружая другие элементы защиты. Цепь R3VD4R6 защищает вход микроконтроллера AN0 и неинвертирующий вход ОУ DA2.1.

Малый ток потребления сдвоенного ОУ MCP6022-I/SN (не более 1,5 мА) позволил питать его непосредственно от соединённых параллельно выходов RA2 и RA5 микроконтроллера.

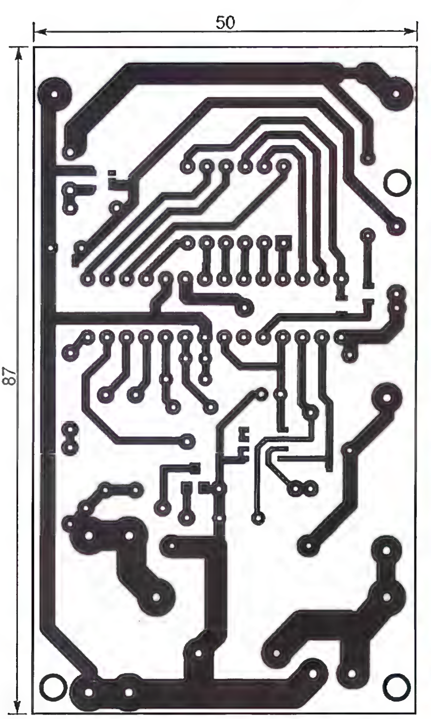
Цепь R3R5 создаёт небольшое положительное напряжение на входе ОУ, с избытком компенсирующее присущее ему начальное смещение. Этот избыток учитывается при вычислении результата измерения. Кроме того, ток через резистор R5 создаёт необходимый потенциал на входе прибора, необходимый для фиксации подключения его к объекту измерения. Конденсатор C1 обеспечивает устойчивость усилителя в паузах между измерениями.

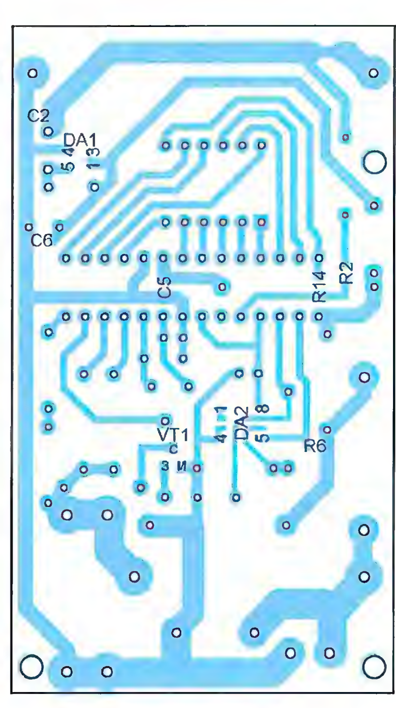
Процесс измерения ЭПС и ёмкости подробно рассмотрен в [1]. Транзистор VT1 и резистор R4 не только разряжают измеряемый конденсатор, но и используются при калибровке прибора, когда

но иметь допуск не более ±0,5 %, в крайнем случае — ±1 %.

В спящем режиме на все элементы и разряды индикатора подаётся напряжение высокого логического уровня, что выключает индикатор. Из этого состояния микроконтроллер выходит по запросу прерывания от сторожевого таймера, после чего при неразомкнутых щупах переходит в рабочий режим. Если прибор перешёл в спящий режим в результате длительного (более 40 с) замыкания щупов, он вернётся в рабочий режим при их размыкании. Если условия возврата в рабочий режим не выполнены, микроконтроллер "засыпает" вновь. Период повторения запросов прерывания от сторожевого таймера — около 150 мс. Кроме того, включённый сторожевой таймер позволяет обойтись без кнопки установки микроконтроллера в исходное состояние и выключателя питания.

Все детали устройства, включая элемент питания, размещены на печатной плате размерами 87×50 мм (**рис. 2**) из фольгированного с одной стороны стек-





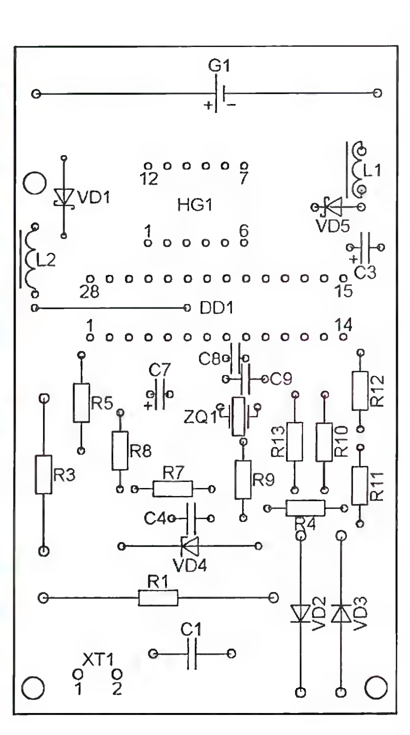


Рис. 2

В зависимости от предела измерения ток задают резисторы R10 (0,1 мА), R11 и R12 (1 мА), R13 (10 мА). Последовательно с ними включены резистор R1 (3,3 Ом) и выходное сопротивление используемого выхода микроконтроллера (около 110 Ом). Их влияние на ток 10 мА и 1 мА учтено при выборе номиналов резисторов R11—R13, а для компенсации влияния на ток 0,1 мА предусмотрен процесс калибровки.

Цепь из пятиваттного резистора R1 и диодов повышенной мощности VD2 и VD3 защищает транзистор VT1 и выводы RC0, RC1, RC3 микроконтроллера. Она

при открытом транзисторе VT1 через резистор R4 протекает ток 10 мА. Прибор, измерив сопротивление этого резистора, устанавливает в соответствии с ним корректировочный коэффициент. Программно вносится поправка на "выпадающий" из измерительной цепи резистор R1 и ненулевое сопротивление открытого канала транзистора VT1, которое принято равным 40 мОм. Погрешность не хуже ±2 % обеспечивается при значении этого параметра используемого транзистора 0...80 мОм. Найти подходящий транзистор несложно. Сопротивление резистора R4 долж-

лотекстолита. Для микроконтроллера на ней устанавливают панель, в которую его вставляют уже запрограммированным. Фотоснимок прибора без корпуса показан на **рис. 3**.

Микроконтроллер PIC16F873A-I/SP можно заменить на PIC16F876A-I/SP. Написанная на языке C в среде MikroC for PIC программа и варианты её загрузочных (HEX) файлов для обоих микроконтроллеров выложены на сайте.

Индикатор FYQ3641BH без каких либо изменений в схеме и программе можно заменить на FYQ3641AH, отли-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

чающимся лишь тем, что у него общие катоды, а не аноды разрядов. Программа автоматически приспособится к работе с любым из этих индикаторов. Подойдут и другие четырёхразрядные семиэлементные светодиодные индикаторы подобных размеров, но под них, возможно, придётся переделывать плату. Сдвоенный ОУ MCP6022-I/SN можно заменить на AD8032ARZ, который, к сожалению, значительно дороже. Если допустить незначительное возрастание погрешности измерения ёмкости менее 5 мкФ, пригоден и более доступный сдвоенный ОУ MCP602-I/SN. Можно применить и одиночные варианты указанных ОУ, например MCP6021-I/P, но это потребует корректировки печатной платы.

Вместо диодов HER508 можно установить и HER506 или HER507, а вместо диода 1N5817 — 1N5818.

Дроссель L1 — готовый с ферритовым магнитопроводом в виде гантели. Его индуктивность может быть от 47...68 мкГн, а активное сопротивление не должно превышать 0,3...0,4 Ом. Дроссель L2 — серии ДПМ-0,4 или аналогичный импортный индуктивностью 22...68 мкГн (чем больше, тем лучше) и с активным сопротивлением не более 1 Ом. XT1 — двухконтактная винтовая колодка. Конденсаторы C2, C5, C6 — керамические типоразмера 1206 для поверхностного монтажа.

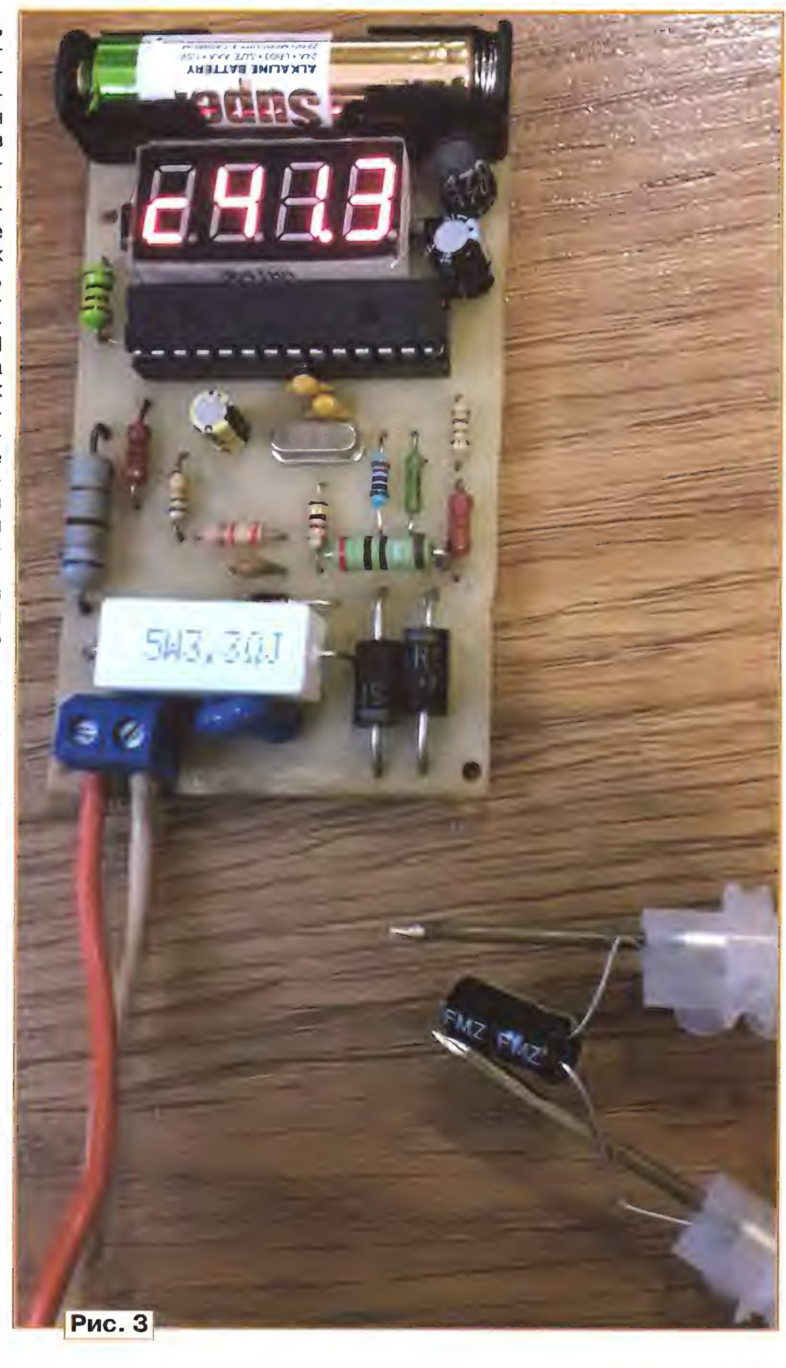


Рис. 3

Резисторы R4, R10—R13 должны иметь допуск не более ±1 %. В крайнем случае их можно отобрать из экземпляров с допуском ±5 % с помощью омметра класса точности не хуже 0,5. При применении этих резисторов с указанными допусками заявленная точность прибора будет обеспечена автоматически, однако необходимо произвести его программную калибровку.

Остальные резисторы — с допуском ±5 %. Резисторы R2, R6 и R14 — для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Измерительные щупы изготовлены из отрезков гвоздей и секций винтовой соединительной колодки, используемой электриками.

Выключатель питания в приборе не предусмотрен, поскольку даже солевого элемента G1 хватает на год непрерывной работы в спящем режиме. При необходимости можно перерезать суженный участок печатного проводника, соединяющего на плате плюсовой вывод элемента с конденсатором C2 и вставить выключатель в место разреза.

Режим ожидания не отличается от описанного в [1]. Если элемент питания разряжен до напряжения 1,1 В, через 8 с после перехода в этот режим на индикаторе на 2 с появится сообщение bAtt uHHH, после чего прибор немедленно перейдёт в спящий режим. При напряжении элемента G1 менее 1 В прибор выключится и включится лишь после замены элемента.

Измерение параметров конденсаторов, ионисторов и активного сопротивления также не отличается от описанного в [1].

Режим миллиомметра — новый, в [1] его нет. Если непрерывно в течение 30 с держать щупы прибора замкнутыми либо подключёнными к цепи с малым активным сопротивлением, на индикаторе появится сообщение dir. .rES, что означает переход в режим измерения этого сопротивления при неизменном измерительном токе. Переход в этот режим происходит при размыкании щупов не позднее 4 с после появления сообщения. Смены величин каждую секунду здесь не происходит, непрерывно индицируется измеряемое сопротивление. В этом режиме стабильность и точность измерения выше. Измерительный ток 10 мА течёт через щупы и объект измерения непрерывно, если же щупы разомкнуты, он течёт через диод VD2. При этом на результат практически не влияют конденсаторы, подключённые параллельно измеряемому активному сопротивлению, и индуктивность соединённых с ним последовательно катушек. Если измеряемое сопротивление более 9 Ом, прибор покажет r.992. Выход из этого режима происходит, если щупы остаются разомкнутыми более двух минут.

Если не размыкать щупы более 4 с после появления сообщения dir. .rES, будет включён не отличающийся от описанного в [1] режим калибровки. Её результат сохранится в EEPROM даже при отключении батареи питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Балаев Б.** Экономичный измеритель ёмкости и ЭПС конденсаторов с усиленной защитой. — Радио, 2019, № 8, с. 17—21.

2. **Балаев Б.** Экономичный измеритель ёмкости и ЭПС конденсаторов с усиленной защитой. Возвращаясь к напечатанному. — Радио, 2020, № 1, с. 20.

***От редакции**. По адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/esr-cap2.zip** имеются файл печатной платы прибора в формате Sprint Layout 6.0 и программы микроконтроллеров.*

Регулятор яркости для нескольких светодиодных модулей F6040

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Автор статьи предлагает регулируемый источник питания (драйвер) для двух последовательно включённых светодиодных модулей F6040.

О регуляторе яркости для светодиодных модулей F6040 [1] и о самом модуле было подробно рассказано в [2]. В частности, там приведены экспериментальные зависимости напряжения на модуле от протекающего через него тока. Эти зависимости показывают, что для обеспечения максимальной яркости свечения на модуль надо подавать постоянное напряжение 200...210 В. Но предназначен он для питания от сети 230 В, поэтому с целью уменьшения пульсаций яркости необходим выпрямитель со сглаживающим конденсатором сравнительно большой ёмкости [2]. В этом случае на выходе выпрямителя будет постоянное напряжение около 300 В, и лишними оказываются 90...100 В, которые станут падать на микросхемах драйвера светодиодного модуля. В результате он начнёт дополнительно и существенно разогреваться, что сокращает срок его службы и потребует дополнительного теплоотвода.

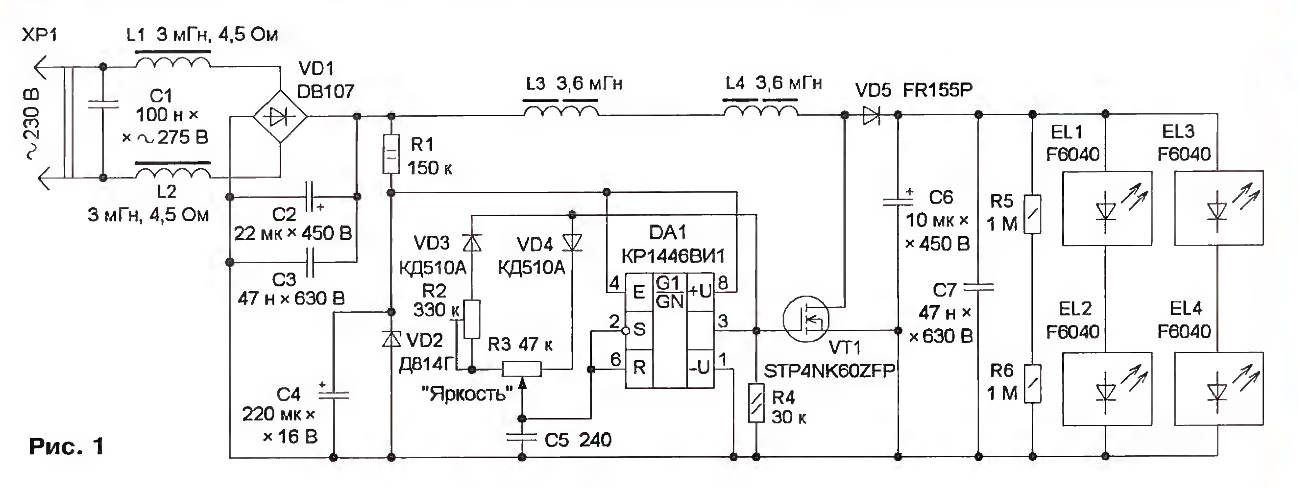


Рис. 1

Если к упомянутому выше выпрямителю подключить два модуля F6040, соединённых последовательно, их свечение будет очень слабым, поскольку напряжения 300 В для них недостаточно. Для выхода на крейсерский режим им надо добавить около 100 В, т. е. повысить напряжение питания с 300 В примерно до 400 В. Сделать это можно с помощью относительно несложного повышающего преобразователя напряжения, необязательно стабилизированного. А если сделать такой преобразователь регулируемым, это обеспечит возможность оперативно изменять яркость свечения светодиодных модулей.

Схема такого регулятора показана на **рис. 1**. В его состав входят выпрямитель на диодном мосте VD1, сглаживающий конденсатор C2, генератор импульсов с регулируемой скважностью на микросхеме таймера DA1, ключ на полевом транзисторе VT1, накопительные дроссели L3, L4 и выпрямитель на диоде VD5 со сглаживающими конденсаторами C6 и C7, от которых питаются светодиодные матрицы EL1—EL4.

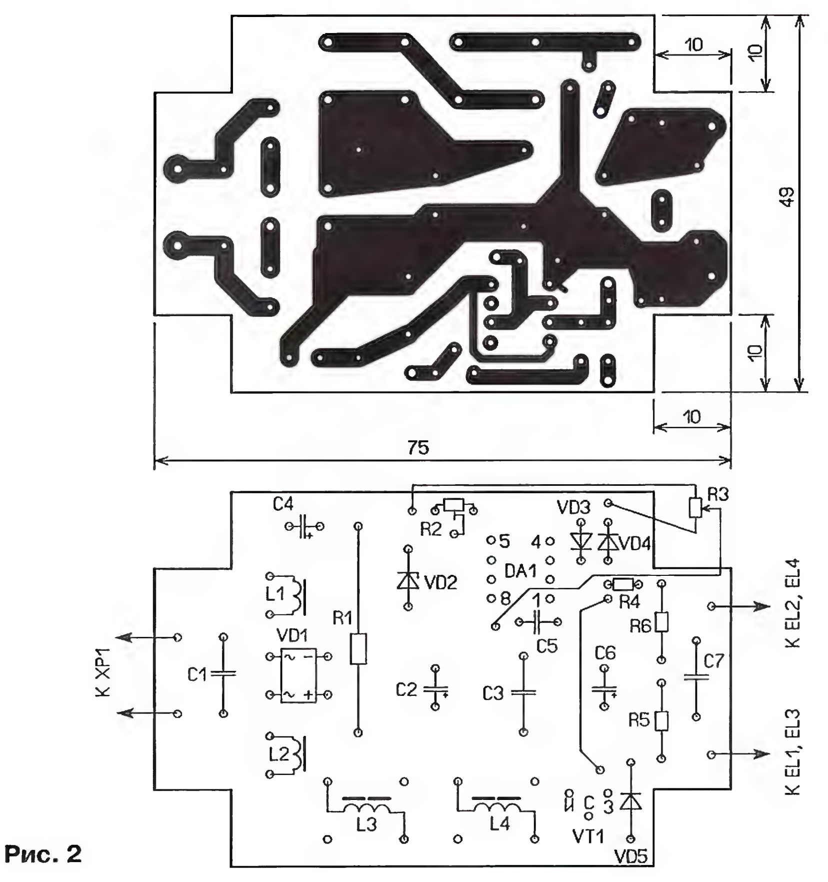


Рис. 2

Для подавления помех, поступающих в сеть, служит LC-фильтр C1C3L1L2. Одновременно дроссели L1 и L2, имеющие сравнительно большое активное сопротивление, служат ограничителями зарядного тока конденсатора C2. Генератор импульсов питается от параметрического стабилизатора напряжения R1VD2. Резистор R4 соединяет затвор транзистора с истоком на время, пока генератор не заработал. Резисторы R5 и R6 обеспечивают полную разрядку конденсаторов C6 и C7 после отключения регулятора от сети.

Сразу после подключения к сети генератор не работает, транзистор VT1 закрыт, конденсаторы C2, C3, C6 и C7 быстро заряжаются до напряжения около 300 В. Через некоторое время, необходимое для зарядки конденсатора C4, начинает работать генератор импульсов. Когда транзистор открывается, через дроссели L3, L4 протекает ток и в их магнитном поле запасается энергия, пропорциональная времени протекания тока. Это время равно длительности импульса на выходе генератора. Когда транзистор закрывается, на его стоке возникает импульс ЭДС самоиндукции, который выпрямляет диод VD5, и в результате конденсаторы C6 и C7 заряжаются до напряжения более 300 В. Напряжение на этих конденсаторах увеличивается пропорционально току, протекающему через дроссели, но, конечно, с учётом того, что вольт-амперная характеристика светодиодных матриц — нелинейная. При увеличении длительности импульса генератора будет расти и выпрямленное напряжение, а значит, ток и яркость свечения светодиодных модулей.

Регулируют яркость переменным резистором R3. Благодаря применению КМОП-таймера КР1446ВИ1 ток, потребляемый генератором вместе с параметрическим стабилизатором, не превышает 2 мА. Поскольку основная часть напряжения питания светодиодных модулей поступает непосредственно от сети 230 В, мощность собственно преобразователя может быть в несколько раз меньше суммарной мощности светодиодных модулей.

Большинство элементов установлено на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. По углам платы сделаны вырезы для стоек пластмассового корпуса, в котором она установлена (**рис. 3**). Размеры корпуса регулятора — 80×58×40 мм.

В регуляторе яркости применены постоянные резисторы МЛТ или импортные, переменный резистор — СПО, СП4-1, оксидные конденсаторы — импортные, конденсатор C5 — керамический, C1 — плёночный, рассчитанный на работу в сети 230 В, остальные — плёночные серии K73 или импортные от ЭПРА КЛЛ. Микросхему КР1446ВИ1 можно заменить аналогичным КМОП-таймером ICM7555. Диодный мост можно применить любой с допустимым обратным напряжением не менее 400 В и максимальным прямым током не менее 1 А, взамен него допустимо применить отдельные диоды, например 1N4007. Стабилитрон — любой маломощный с напряжением стабилизации 8...12 В. Диоды КД510А можно заменить диодами серий КД522, 1N4148. Диод FR155P можно заменить быстродействующим выпрямительным диодом HER106—HER108, HER206—HER208.

Применён полевой транзистор STP4NK60ZFP от импульсного ИП. Особенность этого транзистора — наличие защитных стабилитронов между выводами затвора и истока, что повышает надёжность его работы. Этот транзистор можно заменить мощным переключательным полевым транзистором с допустимым напряжением сток—исток не менее 500 В и сопротивлением открытого канала не более нескольких ом, например, IRF840 или IRFBC40. Но тогда между затвором и истоком надо установить маломощный стабилитрон (катодом к затвору) с напряжением стабилизации на 1...2 В больше, чем напряжение стабилизации стабилитрона VD2.

Дроссели L1, L2 — от ЭПРА КЛЛ, они намотаны на гантелеобразных ферритовых магнитопроводах диаметром 8 мм и высотой 10 мм. Можно применить аналогичные или заменить их постоянными резисторами сопротивлением 5...10 Ом и мощностью 0,25 Вт. Дроссели L3, L4 — индуктивностью по 3,6 мГн намотаны на Ш-образном ферритовом магнитопроводе от ЭПРА КЛЛ. Размеры одного дросселя (без выводов) — 14×12×12 мм. Два последовательно соединённых дросселя применены для того, чтобы уменьшить электрическую нагрузку на каждый из них вдвое, что повышает надёжность всего устройства.

После проверки работоспособности плату со стороны печатных проводников следует покрыть лаком с хорошими изоляционными свойствами. Для соединения со светодиодными матрицами надо применить провода в надёжной изоляции. Поскольку каждый модуль F6040 снабжён выпрямительным мостом, полярность их подключения не имеет значения.

Налаживание проводят в следующей последовательности. Сначала проверяют работу генератора импульсов. Для этого на конденсатор C4 с соблюдением полярности подают напряжение от лабораторного БП. Это напряжение должно быть меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD2, чтобы через него не протекал ток. Движок резистора R2 устанавливают в нижнее по схеме положение и осциллографом контролируют напряжение на затворе полевого транзистора. В правом по схеме положении движка резистора R3 длительность импульса должна быть минимальной — около 0,5 мкс, период следования — 50...60 мкс. В левом положении — длительность импульса 10 мкс, период следования — около 50 мкс.

Затем устанавливают движок резистора R3 в правое по схеме положение, отключают БП, подключают нагрузку — светодиодные модули и подают на регулятор сетевое напряжение. Модули должны светить не на полную яркость. В этом положении регулятора напряжение на светодиодных модулях около 360 В. При перемещении движка резистора R3 влево по схеме яркость модулей должна увеличиваться. Уставив движок этого резистора в крайнее левое положение, подстроечным резистором R2 устанавливают номинальный потребляемый модулями ток (максимальное регулируемое напряжение). Для измерения тока, потребляемого от сети регулятором, удобно использовать устройство, описание которого приведено в [3].

Измерение пульсаций яркости показало, что они не превышают пульсаций ламп накаливания. Для их уменьшения следует увеличить ёмкость конденсаторов C2 и C6. Светодиодные модули должны быть установлены на эффективные теплоотводы, поскольку от этого зависит срок их службы.

Этот регулятор можно использовать совместно с другими аналогичными светодиодными модулями суммарной мощностью не более 80 Вт, в том числе, например, серии F4054 (аналог — 4054FSTM), предназначенными для освещения рассады, а также со светодиодными лампами, у которых драйвер выполнен на микросхемах—ограничителях тока. Для увеличения мощности регулятора надо применить более мощные накопительные дроссели, сильноточные диоды, а транзистор установить на теплоотвод.

Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Светодиодная матрица 6040-F2525 20 Вт. — URL: **https://sestek.ru/id/svetodiodnaya-matrica-6040-f2525-20vt--1700-lm--cob-6000k-175-265v-ac-pf0-9-60x40mm--220v-2309.html** (30.04.20).

2. **Нечаев И.** Уменьшение пульсаций яркости светодиодного модуля F6040 и регулятор яркости для него. — Радио, 2020, № 5, с. 44—48.

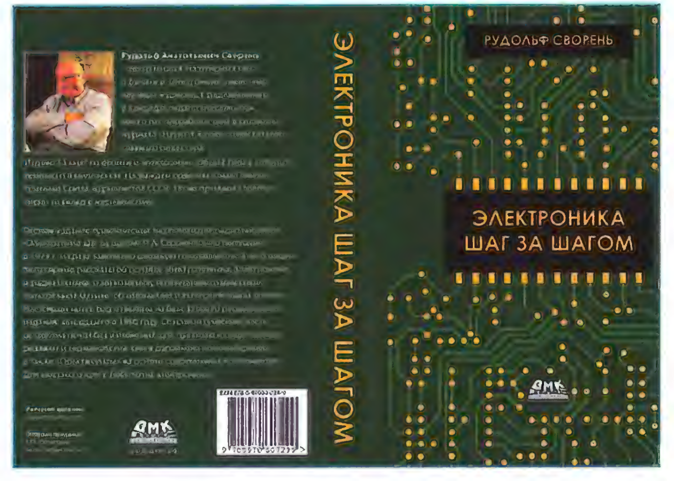
3. **Нечаев И.** Измерение тока потребления сетевых электроприборов. — Радио, 2016, № 3, с. 40.

***От редакции.** Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut размещён по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/F6040.zip** на нашем сервере.*

На книжной полке

Новое издание легендарной книги Рудольфа Анатольевича Свореня "Электроника шаг за шагом"

Сворень Р. А. Электроника шаг за шагом. — М.: ДМК Пресс, 2020.



Первое издание практической энциклопедии радиолюбителя "Электроника шаг за шагом" Р. А. Свореня было выпущено в 1979 г. и сразу завоевало широкую популярность. В книгу вошли популярные рассказы об основах электротехники, электроники и радиотехники, о звукозаписи, телевидении, радиосвязи, электронной музыке, об автоматике и вычислительной технике. Настоящее издание подготовлено на базе второго издания полной версии книги, вышедшего в 1986 г.; в последних главах добавлены некоторые дополнения из издания 2001 г. Разумеется, с тех пор сама по себе электроника принципиально изменилась, и далеко не всё, рассказанное автором в тех обстоятельствах, актуально и сегодня. Подробные описания многих разделов радиолюбительства, представляющие сегодня лишь исторический интерес, пришлось кардинально сократить или удалить вовсе.

При подготовке этого издания почти в неприкосновенности сохранена бо́льшая половина книги (вплоть до главы 12 включительно), посвящённая общим принципам функционирования электронных устройств, где авторский текст только снабжён комментариями и дополнениями. В главах, посвящённых радиовещанию, телевидению и звукозаписи, пришлось почти полностью отказаться от практической части — изменились сами принципы работы таких устройств. Теоретические основы этих разделов сведены в одну главу (глава 13). Сохранены с небольшими купюрами главы об электронных музыкальных инструментах, автоматических устройствах и даже о компьютерах, которые в 1986 г. ещё только "выходили из пелёнок". Сохранена также во многом актуальная глава об источниках питания (глава 17); она в конце дополнена отдельным разделом о современных интегральных стабилизаторах.

Книга в оригинале сопровождалась большим числом практических примеров различных устройств, а также необходимыми справочными данными по компонентам радиоаппаратуры, называвшимися тогда ещё попросту радиодеталями. Подобные разделы книги удалены полностью, а практические примеры по темам соответствующих глав написаны заново на основе современных материалов.

Выключатель с однокнопочным управлением—2

А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул

Предлагаемое вниманию читателей устройство предназначено для управления двумя осветительными лампами с помощью одной кнопки. При первом нажатии на кнопку включается одна лампа, при следующем нажатии в дополнение к первой включается вторая лампа, затем вторая лампа гаснет и т. д. Удержание нажатой кнопки в течение 5 с приводит к отключению обеих ламп.

Выключатель с аналогичным принципом управления, разработанный автором ранее (**Мельников А.** Выключатель с однокнопочным управлением. — Радио, 2018, № 2, с. 38—40), надёжен и

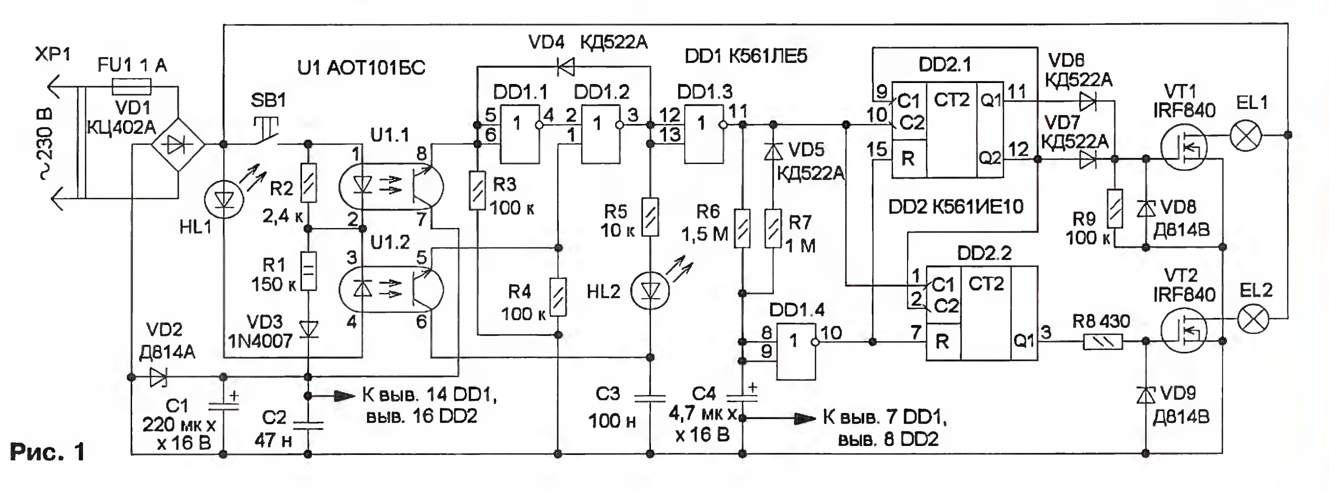


Рис. 1

удобен в эксплуатации, но, наряду с достоинствами, обладает недостатками. В его конструкции применены электромагнитное реле, а также импульсный источник питания, поэтому габариты устройства и его компоновка в основном определяются этими элементами. Другой недостаток этого устройства — недостаточно эффективный узел подавления дребезга контактов управляющей кнопки, в результате чего в момент отключения может происходить включение второй лампы. Поэтому, когда автору понадобился ещё один подобный выключатель, было решено построить его по другой схеме, отказавшись от использования электромагнитного реле и импульсного источника питания.

В новом варианте выключателя, как и в прототипе, общий провод осветительных ламп является общим и для управляющей кнопки, что позволяет использовать для соединения выключателя и светильника четырёхжильный кабель. Для коммутации осветительных ламп также использованы мощные полевые переключательные транзисторы, а цепь управления отделена от остальных элементов устройства с помощью транзисторной оптопары, что позволяет устранить влияние на неё различных наводок. В отличие от прототипа, предлагаемое устройство в выключенном состоянии полностью не отключается от сети, но этот недостаток не является существенным, так как потребляемый при этом ток не превышает 1,5 мА.

Схема устройства приведена на **рис. 1**. Сетевое напряжение, выпрямленное диодным мостом VD1, через светодиод HL1, излучающий диод оптопары U1.2 и диод VD3, защищающий эти элементы от обратного напряжения в моменты перехода сетевого напряжения через ноль, поступает на параметрический стабилизатор напряжения, образованный резистором R1 и стабилитроном VD2. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C1, конденсатор C2 — блокировочный в цепи питания микросхем. Светодиод HL1 сигнализирует о подаче на устройство сетевого напряжения, а также является индикатором состояния контактов кнопки SB1, отключаясь при нажатии на неё.

После подачи питающего напряжения конденсатор C4 разряжен, поэтому на выходе элемента DD1.4 присутствует высокий логический уровень и счётчики DD2.1 и DD2.2 устанавливаются в исходное состояние. Полевые транзисторы VT1, VT2 при этом закрыты и лампы EL1, EL2 обесточены. На входах элемента DD1.1 за счёт резистора R3 присутствует низкий логический уровень, поэтому на выходе элемента DD1.3 — высокий уровень. Конденсатор C4 заряжается через резистор R6, а по окончании его зарядки на выходе элемента DD1.4 появляется низкий логический уровень, разрешающий работу счётчиков DD2.1 и DD2.2.

При нажатии на кнопку SB1 светодиод HL1 и излучающий диод оптопары U1.2 оказываются зашунтированными излучающим диодом оптопары U1.1 и резистором R2, поэтому фототранзистор оптопары U1.2 закрывается, а светодиод HL1 гаснет. За счёт этого на входах элемента DD1.1 появляется высокий логический уровень, поэтому триггер, образованный элементами DD1.1 и DD1.2, переключается и удерживается в этом состоянии за счёт положительной обратной связи через диод VD4. На выходе элемента DD1.3 при этом формируется спад напряжения, по которому счётчик DD2.1 увеличивает своё состояние на единицу, и на его выходе Q1 появляется высокий логический уровень, транзистор VT1 открывается, включая лампу EL1.

При следующем нажатии на кнопку SB1 высокий логический уровень появляется на выходе Q2 счётчика DD2.1, что приводит к блокировке его дальнейшей работы по входу C1 и разрешению работы счётчика DD2.2, так как на его входе C2 появляется высокий логический уровень. При отпускании кнопки SB1 на выходе элемента DD1.3 появляется положительный перепад напряжения, поэтому счётчик DD2.2 увеличивает своё состояние на единицу, на его выходе Q1 появляется высокий логический уровень, открывается транзистор VT2 и включается лампа EL2. Так как счётчик DD2.2 включён как счётный триггер, после каждого нажатия на кнопку SB1 он изменяет своё состояние на противоположное, поэтому лампа EL2 включается и выключается в момент отпускания кнопки.

К выв. 7 DD2 — R10 100 к — К выв. 15 DD2
C5 100 н
К выв. 8 DD2

Рис. 2

Защита от "дребезга" контактов осуществляется следующим образом. При нажатии на кнопку SB1 первое замыкание её контактов приводит к открыванию фототранзистора оптопары U1.1 и переключению триггера на элементах DD1.1, DD1.2 в единичное состояние, в результате чего через резистор R5 и светодиод HL2 начинается зарядка конденсатора C3. Следующие за первым замыканием контактов импульсы "дребезга" открывают фототранзистор оптопары U1.2, но так как конденсатор C3 разряжен, сброса триггера не происходит. После прекращения "дребезга" и зарядки конденсатора C3 устройство будет готово к отключению, поэтому после отпускания кнопки при первом открывании фототранзистора оптопары U1.2 конденсатор C3 разрядится через резистор R4, на выводе 1 элемента DD1.2 появится импульс напряжения, который установит триггер в исходное состояние. Светодиод HL2 выполняет функции стабилитрона и предотвращает переход элемента DD1.2 в линейный режим, когда напряжение на его выходе равно приблизительно половине питающего. Постоянная времени цепи R5C3 должна быть больше времени дребезга контактов кнопки.

Для отключения ламп EL1 и EL2 кнопку SB1 необходимо удерживать нажатой приблизительно в течение 5 с. При этом конденсатор C4 разряжается через диод VD5 и резистор R7, и когда напряжение на нём станет ниже порогового для элемента DD1.4, на его выходе появится высокий логический уровень и счётчики микросхемы DD2 установятся в исходное состояние. Однако такое построение узла отключения имеет одну особенность. В том случае, если пороговое напряжение, при котором сбрасывается счётчик DD2.2, выше, чем у счётчика DD2.1, последний переходит в исходное состояние раньше, и если на его выходе Q2 в это время присутствовал высокий логический уровень, на входе C1 счётчика DD2.2 появится спад напряжения и он увеличит своё состояние на единицу. Если транзистор VT2 до момента появления сигнала сброса был закрыт, он на короткое время откроется, и лампа EL2 вспыхнет. Явление это, конечно, неприятное, и для его устранения существуют два способа. Первый заключается в подборе экземпляра микросхемы DD2, у которого пороговое напряжение сброса для счётчика DD2.2 меньше, чем для DD2.1. Второй способ — установка в цепь сброса счётчика DD2.1 дополнительной интегрирующей цепи, состоящей из резистора R10 и конденсатора C5 (**рис. 2**), которая позволяет гарантированно сбрасывать счётчик DD2.1 после счётчика DD2.2.

Резистор R2 увеличивает минимальный ток излучающего диода оптопары U1.1 приблизительно до 0,7 мА, что защищает устройство от ложных срабатываний, которые могут быть вызваны током утечки проводников, соединяющих кнопку SB1 с устройством. Стабилитроны VD8, VD9 защищают затворы полевых транзисторов VT1, VT2 от возможных выбросов напряжения, а плавкая вставка FU1 защищает эти транзисторы от повреждения в случае перегорания нити лампы накаливания, которое может сопровождаться значительным броском тока.

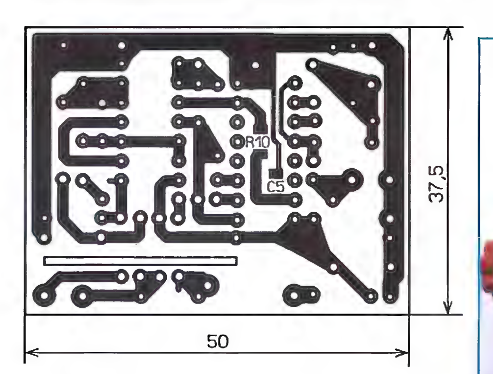
Детали устройства, за исключением плавкой вставки FU1, диодного моста VD1 и светодиода HL1, смонтированы на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой приведён на **рис. 3**. Для предотвращения электрического пробоя по поверхности платы между печатными проводниками с большой разностью потенциалов выполнена прорезь шириной 1,5 мм. Все перемычки на плате выполнены из изолированного провода и установлены после монтажа микросхем. Резистор R8 установлен над микросхемой DD2, резистор R7 и диод VD5 установлены на плате перпендикулярно, а их свободные выводы спаяны между собой. Стабилитроны, а также резистор R1 монтируют на плате после установки всех остальных деталей. Выводы стоков транзисторов VT1, VT2 перед их монтажом на плату удаляют, а провода, идущие к лампам EL1, EL2, подключают к теплоотводящим фланцам транзисторов. Резистор R10 и конденсатор C5 (для поверхностного монтажа) монтируют на плате со стороны печатных проводников, а если эти элементы не нужны, то вместо резистора R10 следует впаять проволочную перемычку. Вместо элементов для поверхностного монтажа можно использовать и обычные, припаяв их выводы к печатным дорожкам, но даже при применении малогабаритных деталей эти элементы будут значительно выступать над поверхностью платы. При

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

суммарной мощности ламп EL1, EL2 до 200 Вт транзисторы VT1, VT2 в теплоотводе не нуждаются.

В устройстве можно применить резисторы любого типа, при этом мощность резистора R1 должна быть не менее 1 Вт, а лучше 2 Вт. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные (конденсатор C4 желательно использовать танталовый), остальные конденсаторы — керамические или плёночные, например, КМ или К73. Резистор R10 и конденсатор C5 — для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Диодный мост VD1 должен быть рассчитан на обратное напряжение не менее 400 В, а его допустимый ток должен превышать суммарный ток, потребляемый лампами EL1 и EL2. Диодный мост также можно составить из отдельных диодов с такими же параметрами. Остальные диоды — любые маломощные выпрямительные или импульсные, например 1N4148.

На место VD2 можно установить любой маломощный стабилитрон с



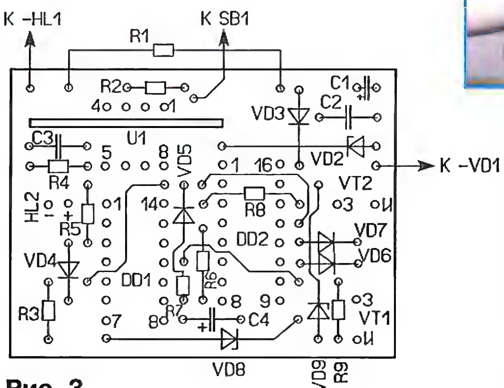


Рис. 3

напряжением стабилизации, лежащим в интервале 8...10 В, при этом напряжение стабилизации стабилитронов VD8, VD9 должно превышать напряжение стабилизации стабилитрона VD2. Светодиоды — любые подходящие (автор использовал сверхъяркие светодиоды зелёного свечения), а вместо светодиода HL2 можно применить стабилитрон с напряжением стабилизации 3,1 В. Транзисторная двухканальная оптопара АОТ101 может быть с любым буквенным индексом, транзисторы IRF840 заменимы на IRF740 или отечественные транзисторы КП707 с любым буквенным индексом. Микросхемы серии К561 можно заменить функциональными аналогами из серии К176 или КР1561, а также использовать аналогичные импортные.

Следует сказать несколько слов о выборе кнопки SB1. Следует применять кнопку с щелчком, например КМ1-1, которую и использовал автор. С большинством красивых кнопок китайского производства надёжность узла подавления "дребезга" снижается, так как подвижный контакт этих кнопок в процессе отключения несколько раз произвольно замыкается с неподвижным контактом. Здесь имеется в виду именно не "дребезг" контактов, присущий любой кнопке, а довольно длительное случайное соприкосновение контактов из-за несовершенства конструкции самой кнопки, которое узел защиты воспринимает как повторное нажатие на неё. Также следует отметить, что изоляция кнопки должна быть рассчитана для работы при сетевом напряжении.

В авторском варианте устройство смонтировано в корпусе от блока питания БП 9/01, снабжённом сетевой вилкой. Под печатную плату подложена пластина из стеклотекстолита, предотвращающая соприкосновение с дорожками платы через вентиляционные прорези, имеющиеся на дне корпуса. Диодный мост размещён между стойками корпуса, какого-либо крепления он, а также печатная плата не требует. Вид на монтаж устройства приведён на **рис. 4**.

Рис. 4

Правильно собранное устройство начинает работать сразу. При необходимости время, в течение которого кнопку SB1 необходимо удерживать для отключения ламп, можно уменьшить или увеличить, подбирая резистор R7 или конденсатор C4 (для обеспечения устойчивой работы устройства сопротивление резистора R6 должно быть больше сопротивления резистора R7). Скорректировать работу узла подавления дребезга контактов кнопки можно изменением номиналов резистора R5 и конденсатора C3.

С данным выключателем можно использовать лампы накаливания, светодиодные или люминесцентные лампы, КЛЛ, а также люминесцентные лампы с электронным пускорегулирующим аппаратом (ЭПРА). Исключение составляют светодиодные лампы, блок питания которых содержит гасящий конденсатор, а также люминесцентные лампы с дроссельно-стартёрной системой зажигания. Если светодиодная лампа либо КЛЛ при подключении к устройству не зажигается, следует поменять местами провода, идущие к ней. Дело в том, что если источник питания такой лампы может содержать в своём составе однополупериодный выпрямитель, при обратной полярности питающего напряжения его диод будет оставаться постоянно закрытым. Если совместно с устройством предполагается использовать лампы (или группы параллельно включённых ламп), суммарная мощность которых превышает 200 Вт, диодный мост следует заменить другим, с большим рабочим током, а при мощности каждой из ламп более 200 Вт транзисторы VT1, VT2 следует установить на теплоотводы.

Этот выключатель может управлять не только лампами, питающимися от сети 230 В, но и низковольтными лампами или светодиодными лентами. Для использования выключателя с лампами, питающимися от сети переменного тока напряжением 36 В, сопротивление резистора R1 следует уменьшить до 22 кОм (можно использовать резистор мощностью 0,25 Вт), на месте VT1, VT2 установить транзисторы, имеющие возможно меньшее сопротивление в открытом состоянии, а диодный мост VD1 заменить более мощным. В случае использования устройства для управления светодиодной лентой, питающейся от источника постоянного тока напряжением 12 В, диодный мост VD1 и диод VD2 из схемы устройства следует исключить, а сопротивление резистора R1 уменьшить до 430 Ом. На месте HL1 при этом следует использовать светодиод с минимальным прямым напряжением (красного свечения), стабилитрон VD2 выбрать с напряжением стабилизации не более 8 В, а стабилитроны VD8, VD9 из схемы устройства можно исключить.

При эксплуатации выключателя с сетевым питанием следует помнить, что все его элементы, в том числе и кнопка SB1, имеют гальваническую связь с сетью, поэтому необходимо соблюдать правила электробезопасности. Налаживание устройства следует проводить, подключив его через разделительный трансформатор или питая от источника напряжением 36 В, о чём было сказано выше. В этом случае перед подключением устройства к сети 230 В следует не забыть установить на место R1 резистор сопротивлением 150 кОм.

От редакции. *Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut размещён по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/com.zip*** *на нашем сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

Светодиодный индикатор сетевого напряжения

И.НЕЧАЕВ, г. Москва

Нашему читателю из г. Архангельска потребовался светодиодный индикатор сетевого напряжения. Светодиод индикатора должен быть включён при напряжении сети от 150 до 190 и более 240 В. Кому-то такой алгоритм может показаться странным, но, с другой стороны, в некоторых случаях он будет удобным. Подходящей схемы читатель найти не смог, поэтому он обратился в редакцию с просьбой разработать такой индикатор. Результат представлен в предлагаемой вниманию читателей статье.

Схема индикатора сетевого напряжения показана на **рис. 1**. При её разработке была поставлена задача максимально использовать доступные радиодетали. В этом случае донорами элементов могут послужить вышедшие из строя КЛЛ [1, 2]. Используемые детали должны быть, конечно, исправными. В таком индикаторе обязательно должны быть пороговые элементы, которые срабатывают (или переключаются) при определённом напряжении. Такими элементами в индикаторе являются динисторы DB3. Они открываются при напряжении 28...36 В, которое остаётся практически постоянным. Следует учесть, что при изменении полярности напряжение открывания может отличаться на ±3 В. На динисторах собраны релаксационные RC-генераторы.

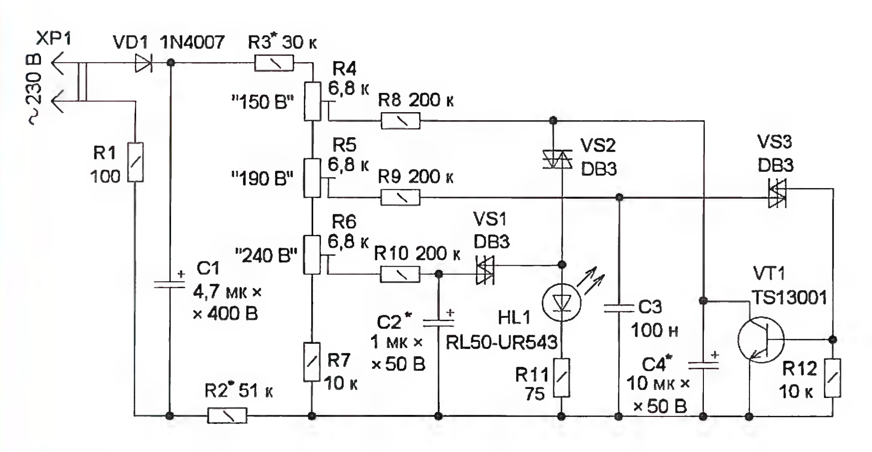


Рис. 1

Сетевое напряжение выпрямляет диод VD1, пульсации сглаживает конденсатор C1. Резисторы R2—R7 образуют резистивный делитель напряжения, который задаёт пороги включения релаксационных генераторов. Первый генератор собран на элементах R8, C4 и VS2. Напряжение его включения (в данном случае 150 В) устанавливают подстроечным резистором R4. Когда динистор VS2 открывается, конденсатор C4 разряжается через него, светодиод HL1 и резистор R11. При этом светодиод вспыхивает с частотой в доли герц. По мере увеличения напряжения частота вспышек возрастает.

Когда напряжение сети достигнет 190 В, начнёт работать второй генератор на элементах R9, C3 и VS3. Напряжение срабатывания устанавливают подстроечным резистором R5. Этот генератор работает с частотой нескольких десятков или сотен герц. С такой же частотой станет открываться транзистор VT1, поэтому конденсатор C4 не успевает зарядиться и первый генератор перестанет работать. В результате светодиод погаснет.

При достижении напряжения 240 В начнёт работать третий генератор на элементах R10, C2, VS1. Порог срабатывания устанавливают подстроечным резистором R6. Поскольку ёмкость конденсатора C2 существенно меньше ёмкости конденсатора C4, частота третьего генератора будет существенно больше — несколько герц. Таким образом, интервал напряжения 150...190 В индицируется вспышками светодиода с существенно меньшей частотой, чем при напряжении более 240 В. Так можно отличить индицируемые интервалы напряжения.

Если этого не нужно, для обеспечения "постоянного" свечения светодиода ёмкость конденсаторов C2 и C4 необходимо уменьшить до 0,047...0,1 мкФ, а ёмкость конденсатора C3 — до 10 нФ. В этом случае вспышки светодиода следуют с частотой, неразличимой глазом.

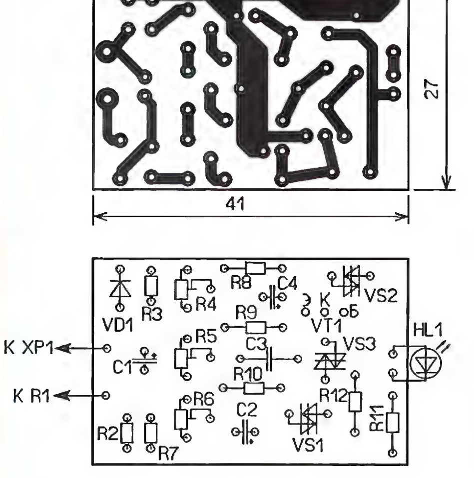


Рис. 2



Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Большинство элементов смонтировано на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. От КЛЛ можно использовать диод 1N4007, динисторы DB3, транзистор серии xx13001, конденсаторы C1 (оксидный) и C3 (плёночный). Потребуется приобрести подстроечные резисторы СП3-19 или подходящие импортные, постоянные резисторы — С2-23, Р1-4, конденсаторы C2 и C4 — К50-35 или импортные, а также светодиод любого цвета свечения, но обязательно сверхъяркий с допустимым током не менее 20 мА. Если в сети возможно появление напряжения более 280 В, номинальное напряжение конденсатора C1 должно быть более 400 В.



Рис. 4

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 3**. Она размещена в пластмассовом цилиндрическом контейнере от лекарства диаметром 30 мм и длиной 60 мм. В крышке контейнера установлены штыри разъёма XP1 (вилки ШП-4). Резистор R1 установлен между разъёмом и печатной платой. Для светодиода в дне контейнера сделано отверстие соответствующего диаметра. Внешний вид устройства показан на **рис. 4**. Для размещения платы можно использовать и другой пластмассовый корпус, а подключение к сети сделать с помощью кабеля с сетевой вилкой.

Налаживание сводится к установке порогов срабатывания генераторов резисторами R4—R6, об этом сказано выше. Сместить пороги включения генераторов можно подборкой резисторов R2, R3. Увеличение их сопротивления увеличивает пороги срабатывания. Если требуется увеличить пороги, надо увеличивать сопротивление резистора R3. Для уменьшения порогов следует уменьшить сопротивление резистора R2.

Используя схемные решения, применённые в этом индикаторе, можно сделать и другой алгоритм индикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Из деталей энергосберегающих люминесцентных ламп... — Радио, 2012, № 6, с. 26—28.

2. **Нечаев И.** Из деталей КЛЛ. Светодиодная мигалка для новогодней игрушки. — Радио, 2012, № 11, с. 36, 37.

Памяти Александра Сергеевича Долгого

9 июля с. г. на 75-м году ушёл из жизни ведущий редактор журнала "Радио" Александр Сергеевич Долгий.

Трудовая деятельность Александра Сергеевича началась после окончания Московского авиационного института им. Серго Орджоникидзе.

За время обучения в МАИ он неоднократно участвовал в различных соревнованиях по КВ-радиосвязи и "охоте на лис", был награждён почётными грамотами и дипломами, писал статьи для журнала "Радио". Первая его статья — "Автоматический телеграфный ключ на транзисторах" была опубликована на страницах нашего журнала в апрельском номере 1968 г.

В 1969 г. Александр Сергеевич был принят на работу в Московский НИИ приборостроения на должность инженера. Затем он работал в научно-исследовательских институтах, являлся автором и соавтором нескольких изобретений, три из которых были внедрены в производство. В это же время он был внештатным редактором журнала "Радио", что позволило ему приобрести опыт подготовки статей для публикации в журнале.



В апреле 2001 г. Александр Сергеевич перешёл на работу в редакцию журнала "Радио" на должность старшего редактора. Имя Александра Сергеевича Долгого хорошо известно читателям нашего журнала. Его статьи в различных рубриках журнала неизменно вызывали интерес у радиолюбителей. Читатели, разрабатывающие устройства с применением микроконтроллеров, наверняка помнят в начале 2000-х годов цикл статей "Разработка и отладка устройств на МК". Начинающие радиолюбители благодарили Александра Сергеевича за цикл статей "Программаторы и программирование микроконтроллеров". Многие статьи А. С. Долгого актуальны и сегодня. В этом номере мы вновь публикуем некоторые из них.

Александр Сергеевич был очень эрудированным человеком, настоящим профессионалом в области радиоэлектроники. Его отличали глубокие знания, ответственность, исполнительность, исключительная добросовестность, что в немалой степени способствовало повышению редакторского уровня подготовки журнала. Последние годы Александр Сергеевич был ведущим редактором, можно без преувеличения сказать, что журнал держался в большой степени на нём.

Мы навсегда сохраним светлую память об Александре Сергеевиче — талантливом, одарённом, ответственном человеке. Выражаем искренние соболезнования его родным и близким.

Редакция

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

"Радио", 1968, № 4

Радиоспортсмены о своей технике

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ТЕЛЕГРАФНЫЙ КЛЮЧ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Большинство автоматических ключей, применяемых радиолюбителями, построены по простейшим схемам на электронных лампах и реле. Такие ключи, как правило, неустойчивы в работе и требуют тщательной регулировки для получения правильных соотношений между длительностями точек, тире и пауз. В описываемом ключе применены элементы импульсной техники и логические схемы. Это

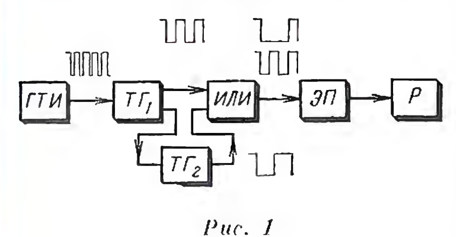


Рис. 1

позволило избавиться от указанных недостатков и построить надежный в работе ключ, в котором стандартные соотношения между длительностями точек, тире и пауз между ними выдерживаются автоматически без каких-либо регулировок.

На рис. 1 показана упрощенная блок-схема ключа. Импульсы, вырабатываемые генератором тактовых импульсов *ГТИ*, при передаче точек запускают триггер $ТГ_1$, работающий в режиме счетного входа. Состояние $ТГ_1$ изменяется с приходом каждого тактового импульса. Длительность точек и пауз получается одинаковой и равной периоду повторения тактовых импульсов.

При передаче тире в работу вступает триггер $ТГ_2$, который также имеет счетный вход и запускается импульсами с выхода $ТГ_1$. Напряжение на его выходе имеет ту же форму, что и у $ТГ_1$, но вдвое меньшую частоту. Сигналы с выходов $ТГ_1$ и $ТГ_2$ логически складываются схемой «*ИЛИ*». Длительность тире при этом автоматически получается равной длительности трех точек. С выхода схемы «*ИЛИ*» снимается напряжение, которое через эмиттерный повторитель *ЭП* управляет электронным реле *Р*. На рис. 1 приведены также графики, показывающие форму напряжений в различных точках схемы.

Принципиальная схема ключа помещена на рис. 2. *ГТИ* собран на транзисторе T_1 по схеме блокинг-генератора. Переменным резистором R_1 регулируют частоту повторения генерируемых импульсов, а следовательно, и скорость передачи. Тактовый генератор работает непрерывно. Импульсы с коллектора T_1 подаются на вход первого триггера (T_2 — T_3) через клапан, состоящий из диодов $Д_2$ — $Д_3$ и резистора R_1. Для открытия клапана необходимо подать на анод диода $Д_3$ разрешающее напряжение, которое поступает через один из диодов $Д_4$ — $Д_6$. Из этих диодов два подключены к контактам манипулятора *КЛ*. Таким образом при замыкании одного из контактов манипулятора клапан открывается. Передача знака начинается с приходом первого после нажатия тактового импульса. Задержка начала передачи не превышает длительности точки и при скорости выше 30—40 знаков в минуту практически незаметна. Если отпустить манипулятор до окончания передачи знака, клапан останется открытым напряжением, поступающим через диод $Д_5$, и знак будет окончен правильно.

Для соединения входа $ТГ_2$ с выходом $ТГ_1$ при передаче тире служит клапан $Д_9Д_{10}R_{13}$. Напряжение разрешения на этот клапан подается через схему на диодах $Д_{11}$ — $Д_{12}$. Один из этих диодов подключен к контакту «тире» манипулятора, назначение другого аналогично назначению $Д_5$.

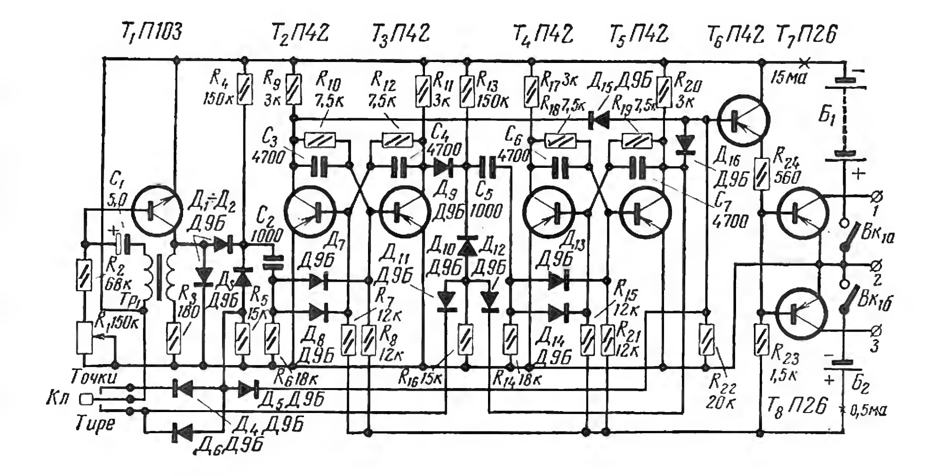
На диодах $Д_{15}$ — $Д_{16}$ собрана схема «*ИЛИ*», назначение которой было пояснено выше. Напряжение с ее выхода через эмиттерный повторитель (T_6) управляет электронным реле на транзисторах T_7 — T_8. Реле позволяет коммутировать две цепи постоянного тока отрицательной полярности относительно общего провода или одну цепь переменного тока. Коммутируемые цепи подключаются в первом случае к клеммам 1—2 и 3—2, во втором — к клеммам 1—3. Если достаточно коммутировать одну цепь постоянного тока, то электронное реле может быть выполнено на одном транзисторе.

Транзисторы электронного реле работают в ключевом режиме. Это позволяет коммутировать токи до 30 *ма* при падении напряжения на реле не более 1 *в*. Максимальное коммутируемое напряжение определяется допустимым коллекторным напряжением транзисторов и для примененных транзисторов П26 составляет 100 *в*.

Ключ питается от двух источников: батареи «Крона» и элемента «316», которых хватает примерно на 10 *ч* непрерывной работы. Можно также предусмотреть возможность питания ключа от аппаратуры, совместно с которой он работает.

Ключ собран в металлическом

Рис. 2



корпусе размерами 125×70×45 *мм*. В том же корпусе размещены источники питания и манипулятор. В ключе применены малогабаритные детали — резисторы типа МЛТ-0,25, конденсаторы МБМ и КТМ. Переменный резистор R_1 — типа СП, конденсатор C_1 — электролитический типа ЭМ. В схеме устойчиво работают транзисторы с B выше 30. Возможны следующие замены транзисторов, указанных на схеме: T_1 — П8 — П11, П101 — П102; T_2 — T_6 — П13 — П16, П39 — П42; T_7 — T_8 — П25, П20, П21, П13 — П16, П39 — П42, при соответствующем снижении максимального коммутируемого напряжения. Диоды могут быть применены любые точечные серий Д2, Д9.

Блокинг-трансформатор $Тр_1$ должен обеспечивать получение импульса не короче нескольких сотен микросекунд. Хорошо подойдет согласующий трансформатор, предназначенный для транзисторных приемников. Самодельный трансформатор может быть намотан на стальном или ферритовом сердечнике небольшого сечения. Каждая его обмотка должна иметь около 500 витков провода ПЭ 0,1 — 0,15.

Ключ, собранный из исправных деталей, обычно не требует налаживания и начинает работать сразу. В противном случае нужно прежде всего убедиться в нормальной работе блокинг-генератора, попробовать поменять местами концы одной из обмоток трансформатора. Если блокинг-генератор работает, то нужно проверить и подобрать детали в цепях запуска триггеров (C_2R_6 и C_5R_{11}). Налаживание ключа значительно облегчается при использовании электронного осциллографа, имеющего усилитель постоянного тока и трубку с длительным послесвечением, например С1-19.

При указанных на схеме номиналах скорость передачи регулируется примерно от 50 до 200 знаков в минуту. Максимальную скорость можно изменить подбором сопротивления R_2, а минимальную — суммы сопротивлений R_1 и R_2. Если эта сумма для желаемой минимальной скорости получается больше, чем 400—500 *ком*, необходимо увеличить емкость конденсатора C_1.

Ключ использовался на радиостанциях UA3KBD и UA3KPD и показал хорошие результаты и высокую надежность в работе.

А. ДОЛГИЙ (exUT5DE)

"Радио", 2005, № 4, с. 63

Цифровой индикатор положения антенны с сельсином

Александр ДОЛГИЙ, г. Москва

Многие доступные радиолюбителям приводы азимутального вращения направленных антенн снабжены электромеханическими датчиками углового положения вала — сельсинами. К сожалению, воспользоваться такими датчиками бывает затруднительно не столько из-за отсутствия индикаторной части устройства, сколько по причине сложности изготовления источника питания сельсинов, требующегося для их работы при включении по классической схеме. К тому же пара из сельсина-датчика и сельсина-индикатора не дает возможности получить отсчет угла в цифровой форме, что при сегодняшней популярности компьютерных систем управления (в том числе положением антенны) можно считать существенным недостатком.

Ниже будет описано простое устройство, подключаемое к сельсину-датчику, вместе с которым оно образует преобразователь угол—код. Несколько раз в секунду устройство передает последовательным кодом трехзначное десятичное число в интервале 0...359, соответствующее угловому положению вала сельсина в градусах. Началом отсчета (0°) может быть выбрано любое направление. Чтобы задать или изменить его, механически перемещать статор или ротор сельсина не требуется. Достаточно однократно замкнуть цепь установки нуля в момент, когда вал находится в нужном положении, например, когда антенна направлена точно на север.

С расположенным на рабочем месте оператора приемником-индикатором угла или компьютером преобразователь, находящийся у поворотного устройства антенны, соединяют четырехпроводным кабелем длиной до нескольких десятков метров. Подходит, например, стандартный кабель UTP для сетей Ethernet. В нем используют две из четырех обычно имеющихся витые пары проводов. По одной из них преобразователь передает информацию. По второй паре поступает постоянное напряжение 8...15 В для питания преобразователя (потребляемый ток приблизительно 35 мА). Отдельный источник питания сельсина не требуется.

Прежде чем рассматривать схемы преобразователя угол—код и индикатора, вспомним, как устроена электрическая машина, именуемая сельсином. Классическая конструкция имеет статор с трехфазной обмоткой, соединенной "звездой" или "треугольником", и ротор с однофазной обмоткой.

Если в обмотке ротора сельсина течет переменный ток, созданное им магнитное поле наводит в каждой обмотке статора переменное напряжение, амплитуда которого пропорциональна косинусу угла α между осями роторной и соответствующей статорной обмоток:

$$U_1 = kU_0 \cos(\alpha);$$

$$U_2 = kU_0 \cos(\alpha + 120°);$$

$$U_3 = kU_0 \cos(\alpha - 120°),$$

где U_0 — напряжение на обмотке ротора; U_1—U_3 — значения напряжения на обмотках статора; k — "коэффициент трансформации" сельсина.

Обратное преобразование этих значений в угол поворота в электромеханических системах выполняет сельсин-индикатор или сельсин-приемник, конструктивно не отличающийся от сельсина-датчика.

Во многих случаях физически повторять вращение вала сельсина-датчика не требуется, достаточно лишь знать его текущее положение, преобразовав аналоговые значения U_1—U_3 в цифровые. С необходимыми для получения значения угла α вычислениями справится любой микроконтроллер.

Недостаток этого способа — в необходимости применения преобразователей напряжение—код, имеющихся далеко не в каждом микроконтроллере. И нужно их как минимум два: один преобразует в "цифру" значение U_1, второй — разность U_2–U_3, причем оба должны брать отсчет синхронно.

Существует, однако, способ измерения угла поворота вала сельсина, при котором преобразователи напряжение—код не требуются. Если подать на статор сельсина трехфазное напряжение, начальная фаза напряжения, снимаемого с ротора, будет равна углу его поворота относительно оси той из обмоток статора, фаза напряжения, приложенного к которой, принята за нулевую. Разность фаз легко определить, измерив интервал времени между пересечениями нуля в одну и ту же сторону напряжением на статорной и роторной обмотках.

Для работы в описанном режиме выпускают специальные электрические машины — вращающиеся трансформаторы. Но ничто не мешает применить и сельсин. Тем более, что пригодны для этого любые из них (в том числе бесконтактные): датчики, индикаторы, приемники и даже так называемые сельсины-трансформаторы, имеющие трехфазные обмотки как на статоре, так и на роторе.

Схема преобразователя угол—код, использующего этот принцип, приведена на **рис. 1**. Трехфазное переменное напряжение, подаваемое на статор сельсина ВС1 (выводы 1—3), формирует микроконтроллер DD1. Период этого напряжения выбран равным 360×8=2880 мкс (частота 347 Гц), что позволяет легко переводить в градусы результат измерения интервала вре-

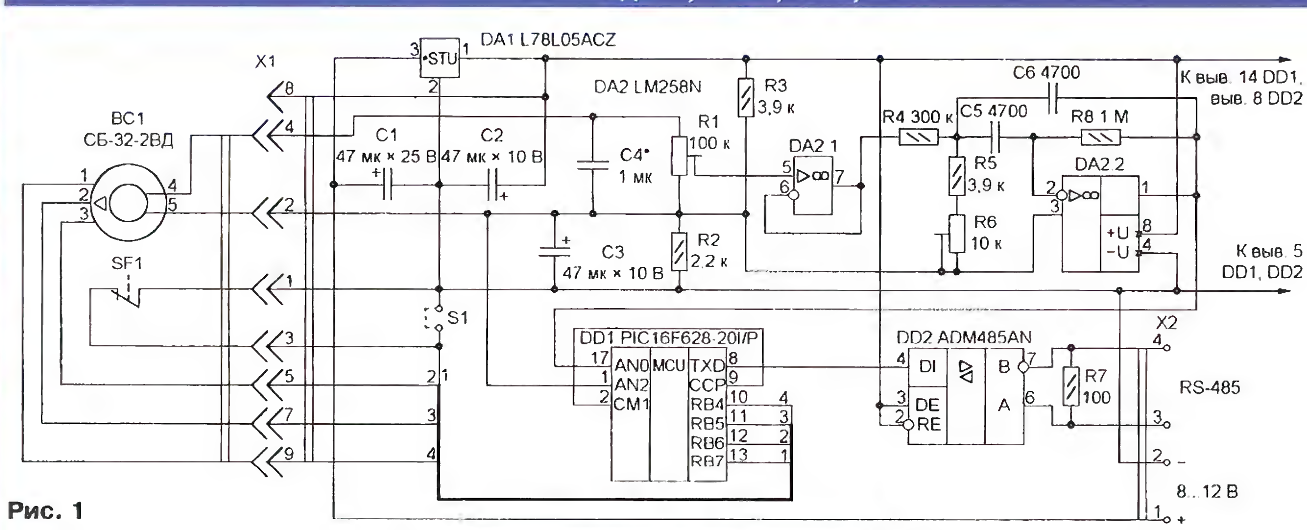


Рис. 1

мени, выраженный в микросекундах. Микроконтроллер DD1 необходимо запрограммировать в соответствии с **табл. 1**.

Размах напряжения, подаваемого на сельсин, значительно меньше номинального и не превышает 5 В. Поэтому в качестве BC1 можно применять сельсины, предназначенные для работы на частоте не только 400, но и 50 Гц.

Индуктивность роторной обмотки сельсина (выв. 4, 5) образует с конденсатором C4 колебательный контур, настроенный на частоту питающего напряжения. Это необходимо для выделения первой гармоники наводимого на ротор напряжения сложной формы — результата питания статора импульсным, а не синусоидальным напряжением.

Таблица 1

```
:020000040000FA
:020000003328A3
:080008006400AC000308AD0028
:100010000B1D1B280B1100012308107810822208DC
:100020002A208600A70B18288F018F010630A2001C
:10003000A10F1B28A0140C1D26280C11A01C26287B
:100040001508A3001608A4002014A01020088300092
:100050002C0809008207403450341034303420 34E6
:10006000603440345034860198019817831698 0103
:100070001811333099009816810107308500 8F3080
:10008000860083120630 9F009001101406 30A200F3
:10009000053097 00A0018316 0C158312 0B178B16E1
:1000A0008B17201C51282308A5002408A600201027
:1000B000861F5C2820157128201D71282011640 0DE
:1000C000260883169A0005309B00E520201C662830
:1000D000201064002508831 69A0004309B00E52058
:1000E0005128C030A5070318A60AF430A60705302A
:1000F000DF20A7000430DF20A502031CA6032708 89
:10010000A6020430A800A61F8D284030A507031 8BA
:10011000A60A0B30A607A80B83280310A60C031809
:10012000A50AA50C0310A60C0318A50AA50C03101C
:10013000A60C0318A50AA50CB92000000C1F9F28C9
:100140000C127908303E990000000C1EA5280C1244
:100150002A08303E990000000C1FAC280C122B0817
:10016000303E990000000C1EB3280C120D3099008F
:100170005128AB01AA01A9019C30A5070318A60AC7
:10018000FF30A607A90A0318BC28643 0A507031886
:10019000A60A0030A607A903F630A5070318A60A89
:1001A000FF30A607AA0A0318CC280A30A5070318AF
:1001B000A60A0030A607AA032508AB00080083168C
:1001C0009B001C141A088312080083161C158B133D
:1001D00055309D00AA309D009C148B171C11831272
:0801E0008C1FF0288C130800AD
:02400E00553F1C
:0442080000000000B2
:00000001FF
```

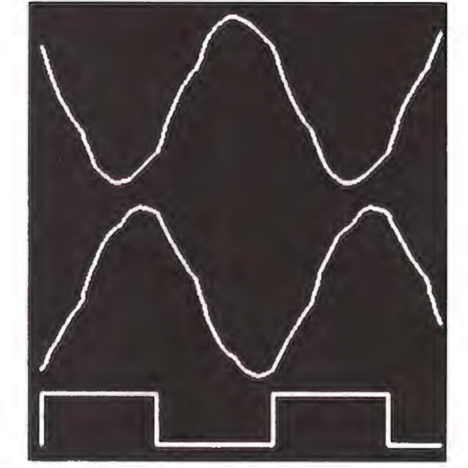


Рис. 2

На **рис. 2** показаны осциллограммы напряжения на конденсаторе C4, снятые цифровым осциллографом при двух положениях ротора сельсина. Там же имеется осциллограмма напряжения на одной из статорных обмоток (прямоугольные импульсы).

Даже после фильтрации контуром искажения остаются заметными. Чтобы устранить их полностью, в устройство введен еще один полосовой фильтр на ОУ DA2.2. Его настраивают на частоту 347 Гц подстроечным резистором R6. Размах напряжения на выходе фильтра (вывод 1 DA2) устанавливают близким к максимальному для примененного ОУ, приблизительно 3,5 В, с помощью подстроечного резистора R1. С указанным типом сельсина нужный размах достигается при среднем положении движка резистора. Если при замене сельсина снимаемое с его ротора напряжение окажется недостаточным, можно немного изменить схему, превратив повторитель напряжения на ОУ DA2.1 в усилитель.

Напряжение с выхода фильтра поступает на вход встроенного в микропроцессор DD1 компаратора (выв. 17), на его второй вход (выв. 1) подано образцовое напряжение, соответствующее "нулю" синусоиды. Выход компаратора (выв. 2) соединен с выводом 9, выполняющим в данном случае функцию управляющего входа блока таймера TMR1 микроконтроллера. Этот таймер начинает счет тактовых импульсов в начале каждого периода формируемого микроконтроллером трехфазного напряжения. В момент нарастающего перепада напряжения на управляющем входе происходит "захват" показаний таймера — результат счета переписывается в специально предназначенный для этого регистр. Остается разделить содержимое этого регистра на восемь и преобразовать в десятичный формат.

Затем универсальный асинхронный приемопередатчик (UART) микроконтроллера формирует на своем выходе TXD (выв. 8) в последовательном формате ASCII-коды трех десятичных цифр измеренного значения угла, заканчивая передачу символом конца строки (код 0DH). Передача идет со скоростью 1200 Бод с одним стоповым битом. Бит четности отсутствует. Процесс измерения и передачи результата повторяется с периодом 123 мс (приблизительно восемь раз в секунду).

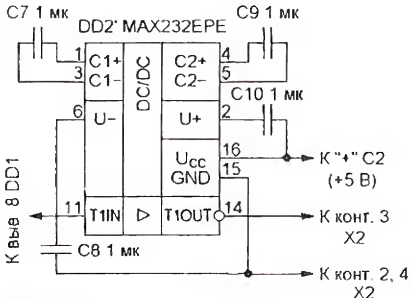


Рис. 3

Учитывая, что расстояние между преобразователем, обычно установленным у привода вращения антенны, и индикатором на рабочем месте оператора может быть весьма значительным, для передачи информации между ними использован интерфейс RS-485, логически не отличающийся от известного RS-232, но с другими уровнями сигналов и согласованной витой парой проводов в качестве линии связи. Интерфейсу RS-485

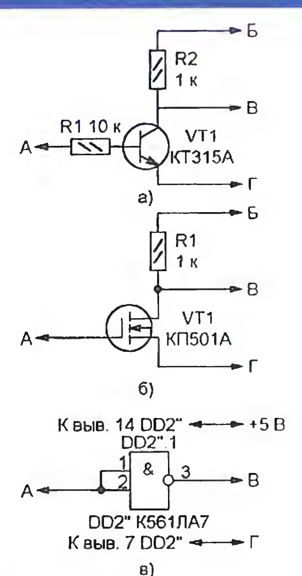


Рис. 4

присуща повышенная помехоустойчивость, что немаловажно для устройства, находящегося вблизи антенны мощного радиопередатчика.

Адаптер этого интерфейса — микросхема ADM485 (DD2) — дуплексная, но при высоком логическом уровне на выв. 2 и 3 она передает сигналы только от микроконтроллера в линию связи. Сопротивление резистора R7 равно волновому сопротивлению этой линии. Если ее длина невелика и уровень помех невысок, согласующий резистор можно не устанавливать, что значительно снизит потребляемый преобразователем ток.

Если по какой-либо причине использовать интерфейс RS-485 невозможно или нежелательно, не составляет труда перейти на обычный RS-232, заменив адаптер ADM485 одним из передающих каналов микросхемы MAX232. Эту микросхему или ее аналог (их много) включают по схеме, приведенной на **рис. 3**. При расстоянии между преобразователем и приемником информации (например, разъемом COM-порта компьютера) 1...2 м можно вообще отказаться от специализированного адаптера, заменив его простейшим инвертором на биполярном или полевом транзисторе (**рис. 4**,а, б) или инвертором—элементом микросхемы (рис. 4,в).

Цепь А во всех случаях соединяют с выв. 8 микроконтроллера DD1, цепь Г — с минусовым проводом источника питания (конт. 2 колодки X2). Цепь В — выход данных. Цепь Б узлов на микросхемах (см. рис. 3 и 4, в) соединяют с положительным выводом конденсатора C2 (см. рис. 1) или с другим источником напряжения 5 В. Аналогичную цепь транзисторных инверторов (см. рис. 4,а, б) соединяют с конт. 1 колодки X2 или с одним из контактов разъема COM-порта компьютера, принимающего информацию, на котором программно установлен высокий уровень напряжения. Можно питать инвертор и напряжением 5 В, однако сопротивление резистора в цепи коллектора (стока) транзистора в этом случае рекомендуется уменьшить вдвое.

Микросхема DA1 — стабилизатор напряжения питания микросхем преобразователя.

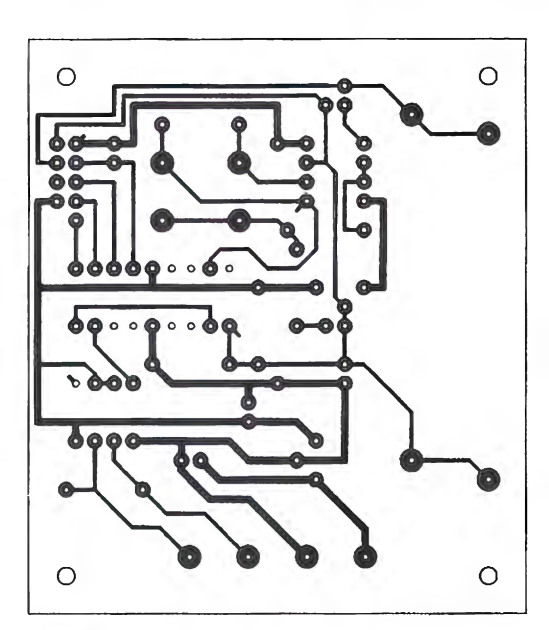
О назначении контактов SF1 следует рассказать подробнее. Обычная работа преобразователя происходит одинаково как при замкнутых, так и при разомкнутых контактах. Они показаны нормально замкнутыми только по соображениям помехоустойчивости. Но в момент замыкания контактов микроконтроллер запоминает текущее угловое положение ротора сельсина и в дальнейшем считает его нулевым.

Таким образом, установив на антенне контактный (или другой, например, магнитный или оптический с выходом "на замыкание") датчик направления точно на север, можно не заботиться о юстировке сельсина. Периодическая корректировка показаний помогает избавиться от систематической погрешности измерения угла при больших колебаниях температуры в месте установки преобразователя.

Если преобразователь находится в отапливаемом помещении, где температура постоянна, или ширина диаграммы направленности антенны превышает 10° (а именно таково большинство радиолюбительских антенн), температурной погрешностью можно пренебречь. В этом случае контакты SF1 исключают, оставив их цепь разомкнутой, а юстировку выполняют однократно, установив перемычку S1 в момент, когда антенна "смотрит" на север.

Заметим, что направление отсчета угла (по часовой стрелке или против нее) легко изменить, поменяв местами любые два из трех вывода статорной обмотки сельсина. Перемена мест выводов ротора приводит к изменению показаний на 180°, если, конечно, не была проведена повторная юстировка. Этим можно воспользоваться, когда на одном вращающемся основании установлены две антенны, направленные в противоположные стороны.

Печатная плата преобразователя изображена на **рис. 5**. Подстроечные резисторы R1 и R6 — СП3-19а или аналогичные. Для конденсатора C4 на плате предусмотрены два посадочных места, обозначенных как C4' и C4". Это позво-



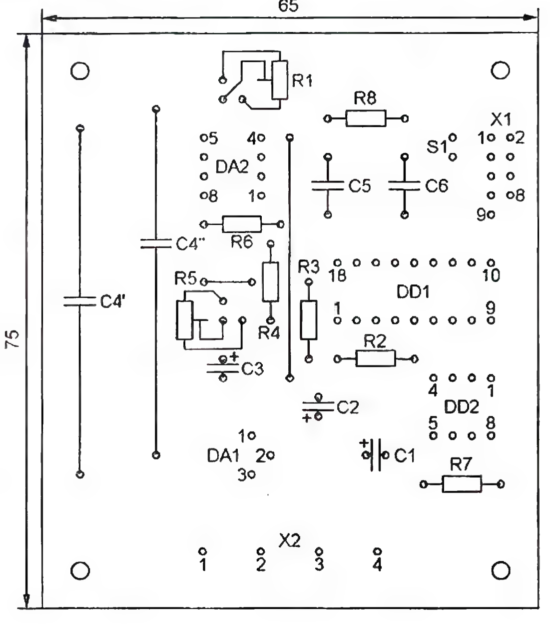


Рис. 5

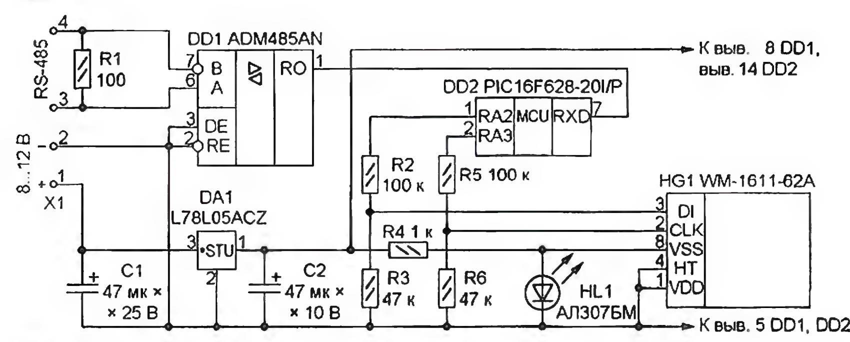


Рис. 6

РАДИО
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2020

ляет подобрать нужную для настройки роторной обмотки сельсина в резонанс емкость этого конденсатора, составив его из двух. Предпочтительный тип конденсатора C4 — К77-1, однако можно использовать и другие пленочные, обращая внимание, в первую очередь, на их термостабильность. Конденсаторы C5 и C6 — керамические КМ5б (ТКЕ М1500) или другие аналогичные.

Разъем X1 — вилка PLD-10R, с которой стыкуется кабельная розетка IDC-10F. Контактная колодка X2 —X977B-04 или другая с шагом контактов 7,62 мм.

Микросхемы указанных на схеме рис. 1 типов имеют так называемый "industrial" интервал рабочей температуры. Они работоспособны при температуре до −40 °С. Если не предполагается использовать преобразователь при отрицательной температуре, их можно заменить более дешевыми "commercial" аналогами, например, установить LM358N вместо LM258N, ADM485JN — вместо ADM485AN.

Для приема и отображения предаваемой описанным выше преобразователем информации служит модуль, схема которого приведена на **рис. 6**. Контакты колодки X1 соединяют кабелем с одноименными контактами колодки X2 преобразователя. Провода, идущие к контактам 3 и 4, должны быть обязательно свиты между собой, а к контактам 1 и 2 — желательно свиты. Напряжение питания (8...12 В) можно подать на контакты 1 и 2 любой из колодок.

Для повышения помехоустойчивости оденьте на кабель вблизи мест его подключения к колодкам по одному или несколько ферритовых колец. Марка феррита и типоразмеры колец не имеют особого значения, однако диаметр отверстия в них должен быть лишь незначительно больше внешнего диаметра кабеля.

Заметим, что интерфейс RS-485 — многоточечный. Он рассчитан на подключение к одной линии связи нескольких (до 256) абонентов. Соединительный кабель ведут от одного абонента к другому, обходя их поочередно, а согласующий резистор (R1 на схеме рис. 6) устанавливают только у физически последнего.

Информационный сигнал, поступивший на выв. 6 и 7 микросхемы DD1, она преобразует к уровням, приемлемым для микроконтроллера DD2. Он работает по программе, приведенной в **табл. 2**, решая очень простую задачу. Принятые символы он запоминает в буфере, а если принят "конец строки", выводит три предыдущих на "телефонный" ЖКИ HG1, формируя нужные для этого сигналы DI и CLK. Напряжение питания микросхем DD1 и DD2 стабилизировано микросхемой DA1, а индикатора HG1 — светодиодом HL1.

Длина и ширина печатной платы приемника, изображенной на **рис. 7**, такие же, как у платы индикатора HG1. Плата приемника укреплена под ней на стойках высотой 8 мм (стороны печати плат обращены друг к другу). Выводы платы ЖКИ соединены с соответствующими контактными площадками платы приемника отрезками гибкого изолированного провода.

Если выход преобразователя угол—код выполнен по стандарту RS-232, необходимо и в приемнике заменить адаптер интерфейса RS-485 адаптером RS-232. Его можно выполнить по схеме, аналогичной приведенной на рис. 4, подав входной сигнал на выв. 8 или 13 микросхемы MAX232, а выв. 9 или 12, соединив с выв. 7 микроконтроллера приемника-индикатора. При длине кабеля до 5 м и в отсутствие помех можно обойтись вообще без адаптеров, соединив выв. 8 микроконтроллера преобразователя непосредственно с выв. 7 микроконтроллера приемника.

Если преобразователь угол—код выполнен по исходной схеме (с интерфейсом RS-485) и нужно передать значение угла в компьютер, можно воспользоваться любым из рассмотренных ранее адаптеров, схемы которых изображены на рис. 3 и 4. Выход адаптера (цепь B) соединяют с цепью RXD (конт. 2 разъема COM-порта DB-9), а к общему проводу (цепь Г) подключают цепь SG (конт. 5 разъема DB-9). Вход адаптера (цепь A) соединяют с выв. 1 микросхемы DD1 (см. рис. 6). Временное подключение, например, для налаживания преобразователя, можно выполнить еще проще. Достаточно соединить конт. 2 и 5 разъема COM-порта DB-9 соответственно с конт. 4 и 2 колодки X2 (см. рис. 2).

Для приема и отображения значения угла на экране компьютера разработана программа Azimuth. Подав сигнал преобразователя на разъем COM-порта компьютера и запустив программу, увидим на экране окно, показанное на **рис. 8**,а, с текущим значением угла. Если информация от преобразователя угол—код не поступает, окно программы приобретает вид, показанный на рис. 8,б. По умолчанию программа работает с портом COM1 и отображает полученное значение без всяких преобразований.

Программа AZIMUTH и программы для микроконтроллеров доступны на сайте журнала "Радио" по адресу **<ftp://ftp.radio.ru/pub/2005/04/selsyn.zip>**.

Чтобы изменить настройки, необходимо поместить в одну папку с исполняемым файлом программы текстовый файл настройки Azimuth.ini. Его содержимое может быть таким, как показано в **табл. 3**.

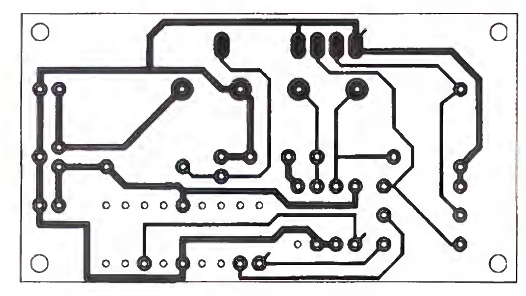
Параметр Port может принимать значения COM1...COMn, где n — любая десятичная цифра. Если порта с указанным номером в компьютере нет или он занят, при запуске программы на экране появится сообщение с просьбой выбрать другой порт.

Параметр Zero — угловая поправка (целое число градусов). Она может быть положительной или отрицательной и автоматически суммируется с принятым значением. Результат приводится к интервалу, заданному параметром Signed. Если Signed=YES, значение на экране будет в интервале −179...+180°, в противном случае — 0...359°.

Редактор – С. Некрасов, графика – А. Долгий

Таблица 2

```
:020000040000FA
:020000001328C3
:08000800A7000308A800240868A
:10001000A3002508A4002608A5001A08A6002808A1
:100020008300270809008501073 09F0098019817 71
:1000300083160F3086009801181133309900F33081
:10004000850098168312181683168C1683120B17C8
:100050008B17851505150D302606031D2B28A601C7
:100060007220051172202830A10085117220000035
:100070008515000000000A1083528051523084520 33
:100080002408452025084520 29280F3903190A305E
:10009000A200A21D4D2805154E28051172208511BC
:1000A0007220851522 1D5628051557280511722026
:1000B0008511722085 15A21C5F2805156028051181
:1000C0007220851172208515221C6828051569286 3
:1000D0000511722085117220851500000000000086
:1000E0000000080000000000000000000000000008
:0A00F0000000000000000000000800FE
:02400E00503F21
:00000001FF
```



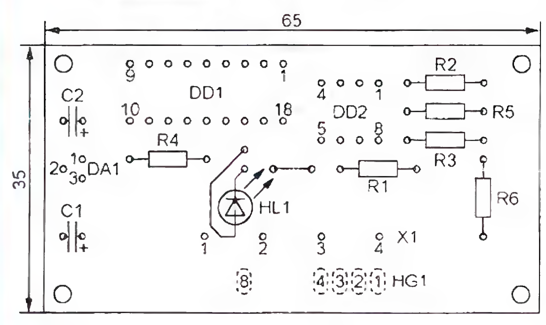


Рис. 7

Азимут (COM1) 137

а)

Азимут (COM1) OFF

б)

Рис. 8

Таблица 3

```
[Settings]
Port=COM1
Baud=1200
Zero=0
Signed=NO
```

Использование вывода 5 таймера NE555

А. ДОЛГИЙ, г. Москва

Всем известен и широко применяется в радиолюбительских конструкциях таймер NE555 и его аналоги, например, отечественный КР1006ВИ1. В подавляющем большинстве случаев вывод 5 таймера NE555 оставляют свободным или соединяют с общим проводом через блокировочный конденсатор, что в условиях отсутствия помех по питанию не очень нужно. В зарубежных описаниях таймера этот вывод называют по-разному — Cont, Control, Control Voltage, а в отечественных — "Контроль делителя", хотя уместнее было бы перевести слово control как "управление".

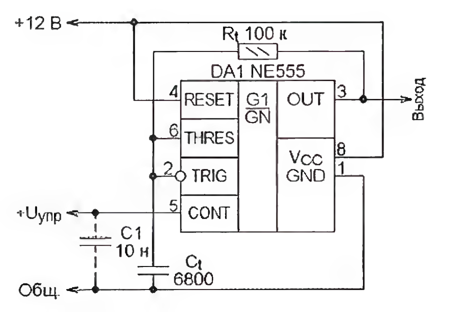


Рис. 1

Внутри таймера NE555 вывод 5 соединён с точкой соединения "верхнего" и "среднего" резисторов делителя напряжения питания, формирующего пороги срабатывания компараторов и задающего таким образом пределы изменения напряжения на времязадающем конденсаторе. Поэтому, когда вывод 5 оставлен свободным, напряжение на нём — 2/3 напряжения питания. Точка соединения "среднего" и "нижнего" резисторов, где напряжение равно 1/3 напряжения питания, внешнего вывода не имеет. Исходя именно из таких порогов, в справочниках приведены формулы расчёта длительности импульсов и частоты их следования на выходе генератора, собранного на таймере.

Однако длительностью и частотой можно управлять, не изменяя ёмкость и сопротивление времязадающих элементов, а лишь подавая внешнее напряжение на вывод 5 таймера, сдвигая тем самым пороги срабатывания компараторов. О такой возможности написано в справочных данных таймера, но никаких зависимостей или рекомендаций на эту тему там не приведено. Чтобы восполнить этот пробел, были проведены эксперименты, с результатами которых хочу ознакомить читателей.

На таймере NE555 был собран генератор непрерывных колебаний по схеме, изображённой на **рис. 1**. Если вывод 5 таймера никуда не подключён, коэффициент заполнения генерируемых импульсов (отношение длительности импульсов T₊ к периоду их следования T) равен 0,5, а частота их следования

$$F_0 = \frac{0{,}72}{R_t C_t}.$$

При указанных на схеме номиналах элементов $F_0 \approx 1$ кГц.

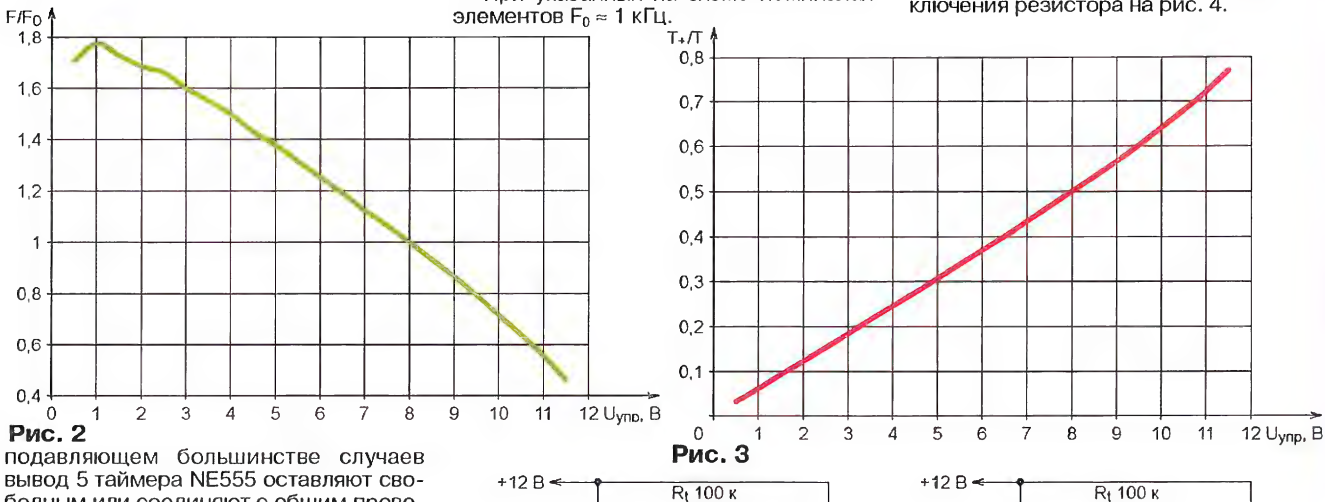


Рис. 2

Рис. 3

Внешнее напряжение, поданное на вывод 5, влияет на оба порога. Причём верхний порог становится равным этому напряжению, а нижний — его половине. Если подать на вывод 5 напряжение $U_{упр}$, равное 8 В (2/3 от 12 В), частота и коэффициент заполнения останутся прежними. Но при других значениях $U_{упр}$ они изменяются, как показано на **рис. 2** (частота) и **рис. 3** (коэффициент заполнения). Причём частота, увеличиваясь в 3,7 раза при изменении $U_{упр}$ от 11,5 до 1 В, с дальнейшим его уменьшением резко падает. Коэффициент заполнения растёт с 0,06 ($U_{упр}$ = 1 В) до 0,77 ($U_{упр}$ = 11,5 В) практически линейно.

Другой способ управления состоит в подключении к выводу 5 резистора $R_{упр}$, второй вывод которого соединён с одним из других выводов таймера. Варианты его подключения показаны на **рис. 4**, а зависимости частоты и коэффициента заполнения от $R_{упр}$ — соответственно на **рис. 5** и **рис. 6**. Буквы у кривых на этих рисунках совпадают с теми, которыми обозначены варианты подключения резистора на рис. 4.

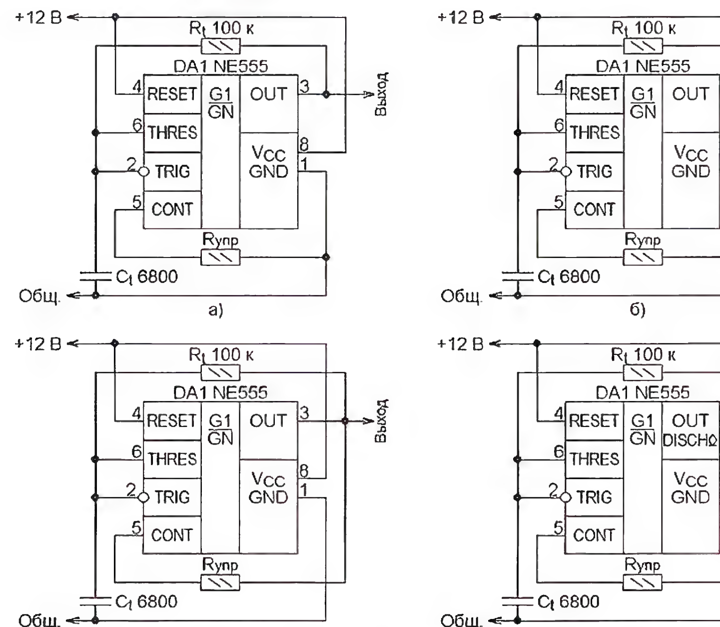


Рис. 4

Как видим, при соединении резистора $R_{упр}$ с общим проводом и уменьше-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

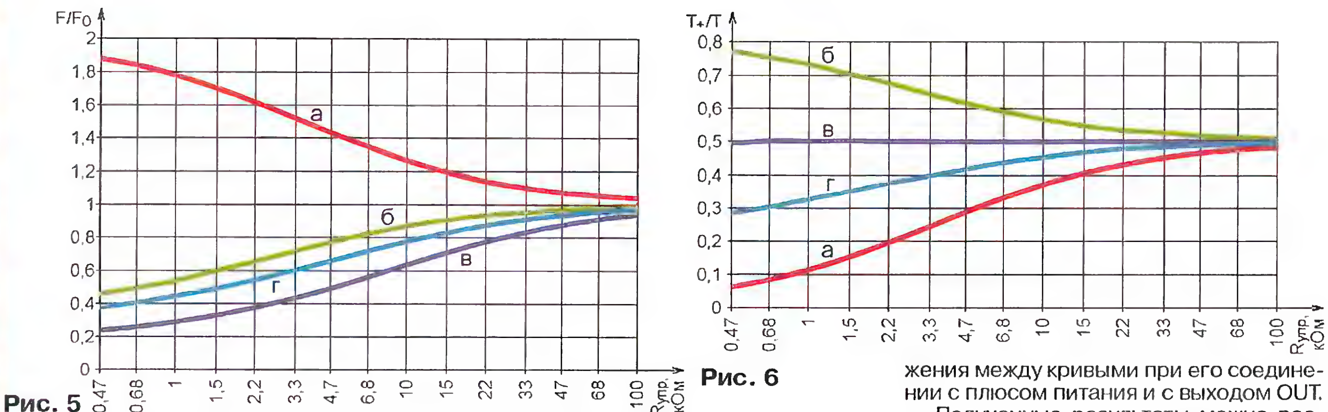


Рис. 5

Рис. 6

нии его сопротивления от 100 кОм до 470 Ом частота растёт в 1,7 раза, а коэффициент заполнения падает в восемь раз. Если соединить резистор с плюсовой линией питания, при изменении его сопротивления в тех же пределах частота уменьшается в 2,2 раза, а коэффициент заполнения растёт в 1,5 раза. Наибольшее изменение частоты — в четыре раза достигнуто при соединении резистора $R_{упр}$ с выходом OUT (выводом 3) таймера. При этом коэффициент заполнения импульсов практически не изменяется, оставаясь приблизительно равным 0,5. Если подключить резистор $R_{упр}$ к выходу с открытым коллектором DISCH (выводу 7), кривые зависимостей изменения частоты и коэффициента заполнения от сопротивления резистора $R_{упр}$ занимают промежуточные положения между кривыми при его соединении с плюсом питания и с выходом OUT.

Полученные результаты можно распространить и на КМОП-версии таймера — микросхемы LMC555, TS555, ICM7555, КР1441ВИ1. Но следует иметь в виду, что пороговые напряжения в них заданы с помощью делителей напряжения из резисторов сопротивлением 100 кОм, а не 5 кОм, как в таймерах NE555. Поэтому для них значения сопротивления резистора $R_{упр}$, указанные на рис. 5 и 6, нужно увеличить в 20 раз.

"Радио", 2009, № 3, с. 22, 23

О настройке тактового RC-генератора, встроенного в МК PIC12F629 и PIC12F675

А. ДОЛГИЙ, г. Москва

Налаживая один из приборов на микроконтроллере (МК) PIC12F675, работающем от встроенного тактового RC-генератора, автор неожиданно для себя обнаружил, что длительность формируемых генератором интервалов времени существенно отличается от требуемых значений. И это несмотря на то, что в программе МК были предусмотрены все рекомендуемые изготовителем операции по точной установке частоты генератора с использованием хранящейся в памяти МК заводской калибровочной константы. Этот казус заставил заняться исследованием характеристик генератора. О результатах проделанной работы рассказывается в статье.

Для начала напомним, что установка частоты встроенного RC-генератора в восьмивыводных МК PIC12F629 и PIC12F675 (последний отличается лишь наличием встроенного АЦП) производится записью соответствующей константы в регистр OSCCAL, находящийся по адресу 90H. Это восьмиразрядный регистр, но два его младших двоичных разряда не используются, в них всегда нули. Таким образом, значение настроечной константы может находиться в интервале 0—252 (0—0FCH), изменяясь шагами по четыре единицы.

При включении питания МК или после подачи на него сигнала начальной установки регистр OSCCAL получает значение 128 (80H), что соответствует середине интервала перестройки генератора, однако никаких конкретных значений его частоты при такой настройке в документации на МК не приведено. Отсутствует в ней и зависимость частоты RC-генератора от записанного в упомянутый регистр значения. Сказано лишь, что отклонение калиброванного значения частоты от равного 4 МГц номинала при различных значениях напряжения питания не превышает ±1, ±2 или ±5 % в зависимости от рабочего интервала температуры.

Для того чтобы пользователь мог установить номинальную частоту с указанной точностью, в последнюю (адрес 3FFH) ячейку памяти программ МК рассматриваемых типов на заводе-изготовителе заносят своеобразную подпрограмму из единственной команды RETLW K, где K — число, которое необходимо записать в регистр OSCCAL данного экземпляра для настройки его генератора на номинальную частоту. Подпрограмма возвращает это число в регистре W. Чтобы воспользоваться им, в программу обычно включают следующий фрагмент:

```
BSF     STATUS, RP0
CALL    3FFH
MOVWF   OSCCAL
BCF     STATUS, RP0
```

К сожалению, некоторые радиолюбители, не зная о находящейся в программной памяти МК команде с настроечной константой, по неосторожности стирают ее при записи в память новой программы. Это может привести к "зацикливанию" МК. Если в программе имеется команда CALL 3FFH, то, выполняя ее, он не найдет по указанному адресу команды возврата из подпрограммы, затем прибавит к счетчику команд единицу и в результате переполнения счетчика перейдет от последней ячейки памяти к ее начальной (нулевой). Выполнение программы начнется заново, как после включения питания. Цикл от нулевой ячейки до команды CALL 3FFH станет повторяться бесконечно, а команды, находящиеся за его пределами, не будут выполнены никогда. Чтобы избежать этого, достаточно по адресу 3FFH вместо случайно стертой команды записать команду RETLW с любым значением операнда, например 80H. Шестнадцатиричный код такой команды — 3480H. Это приведет к некоторому отклонению тактовой частоты МК от номинальной, но в остальном работоспособность программы будет восстановлена.

Все сказанное выше относится и к настройке внутренних тактовых RC-генераторов 14-выводных МК PIC16F630 и PIC16F676.

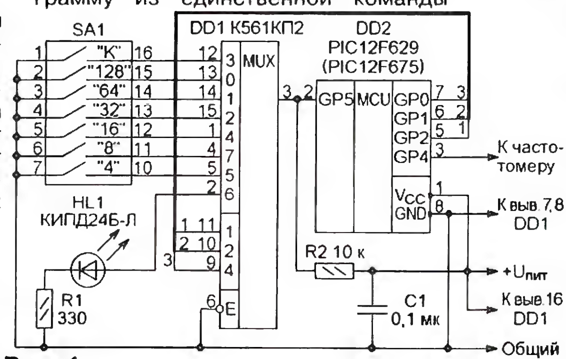


Рис. 1

```
:100000001528FF3FFF3FFF3F023003138312DB0041
:10001000FF30DA00DB0B0D281028DA0B0D280A2838
:100020004A30DA00DA0B12280800030031A0130D7
:100030000313831 2D1005108013A031D2428FF2322
:10004000A100FF30A0002728A001FF30A10064001C
:1000500007309900831695162030850 0A201A30170
:1000600005308312850004200030851A0130D1004C
:1000700005108003A031D3D28231507308500042050
:10008000000308 51A0130D1005108003A031D49287B
:10009000A3150130850004200030851A0130D100FD
:1000A0005108003A031D552823160230850004200C
:1000B000003085 1A0130D1005108003A031D612833
:1000C000A3160430850004200030851A0130D100C9
:1000D0005108003A031D6D2823178501042000 30C4
:1000E000851A0130D1005108003A031D7828A31762
:1000F0000630850004200030851A0130D1005108F7
:100100000003AFF30031D0030D0002008D005031 94D
:100110008D2821088316900095280313831623 0841
:100120001006031995282308900003308312850 0D8
:10013000230821060 31D9E28A209A0282008A2004A
:100140002208031 9A62823308500A828033085003B
:10015000831685120130A40024080A3C031CC6281B
:1001600064001A30DB00FF30DA00DB0BB828BB2854
:1001700 00DA0BB828B528E730DA00DA0BBD28000022
:10018000 24080A3A0319C628A40AAC2885162F2881
:10019000C828FF3FFF3FFF3FFF3FFF3FFF3FFF3FBD
:02400E00DD3F94
:00000001FF
```

Для исследования характеристик встроенного RC-генератора МК было изготовлено устройство, схема которого показана на **рис. 1**. При необходимости оно поможет и определить правильное значение константы, записываемой в регистр OSCCAL.

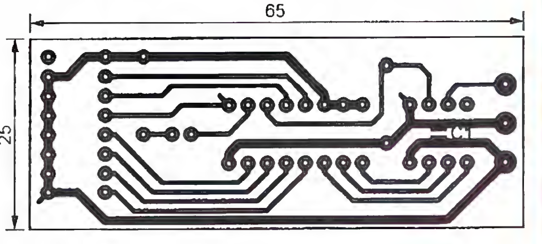
Частоту встроенного RC-генератора измеряют частотомером, подключив его к выводу 3 МК DD2 и общему проводу. Следует, однако, иметь в виду, что частота импульсов на этом выводе и, следовательно, показания прибора в четыре раза ниже фактической тактовой частоты.

Работая по программе, коды которой приведены в **таблице**, МК DD2 с помощью селектора-мультиплексора DD1 периодически определяет состояние контактных групп DIP-переключателя SA1, формирует соответствующий код и записывает его в регистр OSCCAL. "Вес" каждой пары контактов переключателя указан на схеме рядом с ней. Значение константы равно сумме "весов" замкнутых контактов. При замкнутых контактах "K" в регистр записывается константа из ячейки 3FFH памяти МК, если она там имеется.

Светодиод HL1 сигнализирует о наличии калибровочной константы в памяти МК. Для этого в промежутках между циклами считывания состояния переключателя SA1 на выводах 5—7 DD2 устанавливается код, при котором вывод 2 микросхемы DD1 соединен с выводом 3 (коммутирующие элементы этой микросхемы — двунаправленные). Вывод 2 DD2 временно перепрограммируется в режим выхода. Светодиод будет включен, если константа в памяти МК есть, и выключен, если она отсутствует. Про совпадении константы в памяти со значением, заданным переключателем SA1, светодиод мигает.

Описанное устройство было смонтировано на макетной плате (**рис. 2**), однако можно собрать его и на печатной, изготовленной в соответствии с **рис. 3** (она рассчитана на применение резисторов МЛТ и керамического конденсатора для поверхностного монтажа типоразмера 1206).

Теперь о результатах измерений. Зависимости частоты встроенного тактового RC-генератора для нескольких экземпляров МК PIC12F675 представлены на **рис. 4**. Небольшими окружностями на них отмечены точки, соответствующие "заводским" значениям калибровочной константы. К удивлению, при нормальной комнатной температуре (около +25 °C) соответствующая им частота оказалась, хотя и одинаковой, но на 7...8 % выше номинальной 4 МГц (приблизительно 4,3 МГц). Причину такого несоответствия установить, к сожалению, пока не удалось, хотя именно для подтверждения этого факта были исследованы МК, выпущенные в разные годы (2002—2008) и приобретенные в разных торговых фирмах.



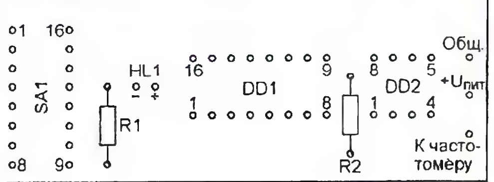


Рис. 3

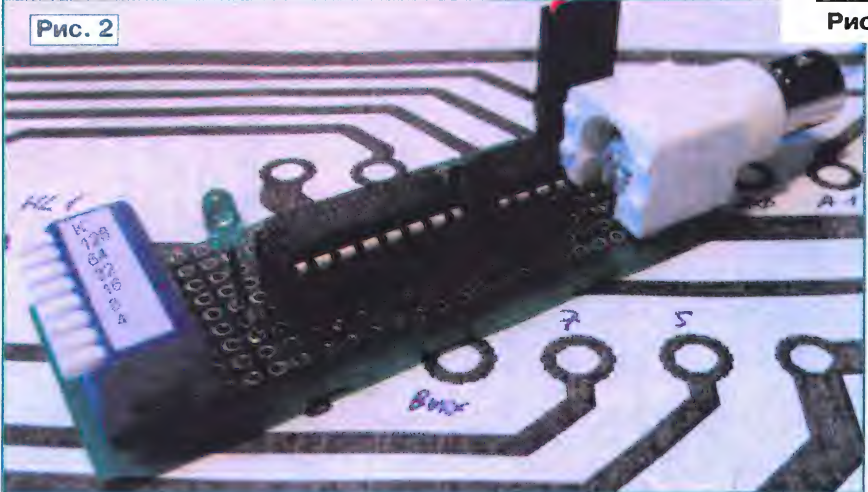


Рис. 4

Частота измерялась различными частотомерами, в том числе и радиоприемником DEGEN DE1103 с цифровым отсчетом частоты настройки. Измерения с помощью последнего показали, что спектр сигнала генератора очень "грязный", чистого тона биений в режиме SSB не было. Вокруг мощной основной составляющей спектра прослушивалось множество более слабых боковых, следующих с интервалами в несколько десятков килогерц.

Диапазон перестройки частоты тактового генератора оказался довольно широким (коэффициент перекрытия по частоте — 1,6...1,8), а ее среднее значение (при K=128) лежит в пределах 3,6...5,2 МГц. При каждом изменении константы на четыре единицы частота изменяется в среднем на 32 кГц, что немногим менее 1 % номинала. Однако в отдельных точках из-за погрешности, присущей преобразователю код—частота МК, шаг перестройки может достигать значений, вдвое больших или меньших среднего.

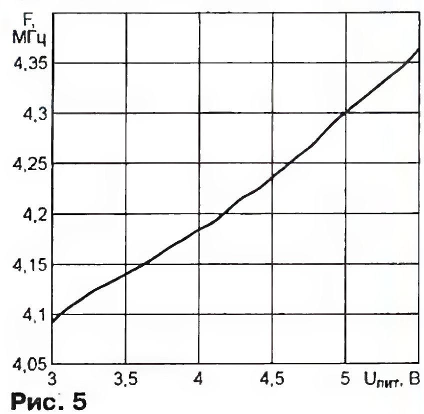


Рис. 5

Основная серия измерений выполнена при напряжении питания 5,1 В. Но была исследована и зависимость частоты от напряжения питания, показанная на **рис. 5**. При напряжении менее 3 В колебания срывались. Отмечено также влияние нагрузки выходов МК на частоту. Например, включение и выключение светодиода HL1 приводило к изменению тактовой частоты почти на 20 кГц.

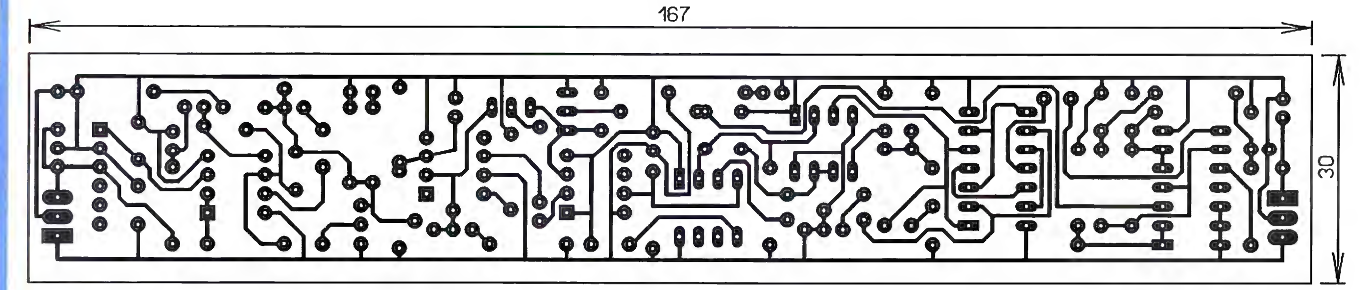
Редактор — В. Фролов, графика и фото — автора

РАДИО®
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2020

ИЛЬИН О. Авиамодельный высотомер с цифровым индикатором. — Радио, 2020, № 6, с. 38—40.

Печатная плата

Чертежи печатной платы устройства и расположения элементов, кроме индикаторов HG1—HG3, счётного узла на микросхемах DD3—DD5, стабилизатора DA3, элементов C9, C13, R27 и выключателя SA1, приведены на **рис. 1**. Такое решение позволяет авиамоделистам установить в высотомер свой вариант счётного узла и тип индикаторов. Напряжение +9 В в точку соединения резисторов R2, R7 с выводом 4 DA4 подано с выхода стабилизатора DA2. На плате для удобства разводки резисторы R8, R16 поменяли местами. Компаратор DA8 — Р554СА3А, К554СА301А, К554СА301Б в корпусном исполнении PDIP-8 с нумерацией выводов, отличной от К554СА3А. Обратите внимание, что существует несколько вариантов цоколёвки микросхемы MPX4115A. Если у имеющейся выводы 1, 2, 3 не соответствуют OUT, GND, VCC (вариант в документации STYLE 1), потребуется скорректировать топологию печатной платы.



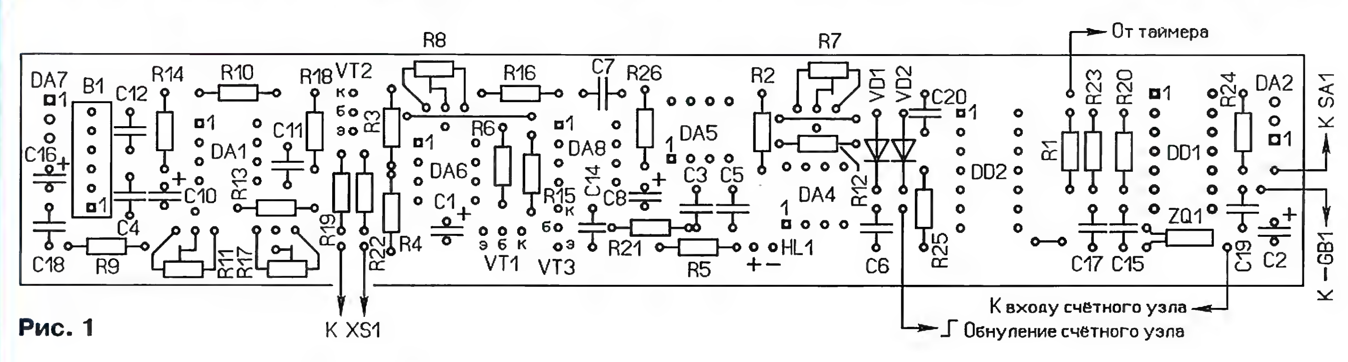


Рис. 1

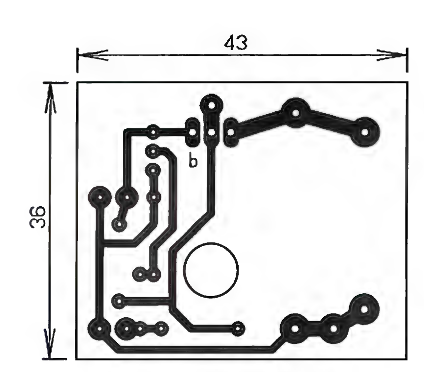
От редакции. *Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF размещены по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/av.zip*** *на нашем сервере.*

МОРОЗ К. Термостат для подсобного хозяйства. — Радио, 2020, № 3, с. 43, 44.

Печатная плата

Чертежи печатной платы устройства и расположения элементов приведены на **рис. 2**. Терморезистор RK1 и транзистор VT2 монтируют со стороны печатных проводников параллельно поверхности платы и обеспечивают их тепловой контакт с теплоотводом нанесением теплопроводящей пасты. Транзистор крепят винтом М3 через резьбовое отверстие в теплоотводе. Для удобства доступа наконечника отвёртки при закреплении винтом в плате предусмотрено отверстие диаметром 7 мм.

От редакции. *Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF размещены по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/term.zip*** *на нашем сервере.*



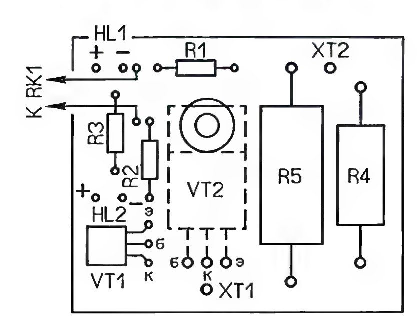


Рис. 2

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

МЕЛЬНИКОВ А. Порог установки компаратора — по шкале измерительного прибора. — Радио, 2020, № 6, с. 31—37.

О диоде VD2 на рис. 9

На схеме рис. 9 отсутствует диод VD2 (1N4007), который необходимо подключить в разрыв соединения движка резистора R1 с контактом XT3 анодом к движку резистора R1, а катодом — к контакту XT3.

К ЧИТАТЕЛЯМ

Редакция и авторы консультируют только по статьям, опубликованным в журнале "Радио", и исключительно по техническим вопросам, имеющим прямое отношение к тому, о чём в них идёт речь. Консультации даются бесплатно. При отправке письма почтой вложите маркированный конверт с надписанным вашим адресом. Вопросы просим формулировать точнее и писать разборчиво, по каждой статье на отдельном листе. Обязательно укажите название и автора статьи, год, номер и страницу в журнале. Вопросы можно прислать и по электронной почте. Наш адрес: <consult@radio.ru>. В строке "Тема" укажите название статьи или номер журнала, в котором она опубликована (например: РАДИО 08-2020).

Мемориал А. С. Попова 2020 — итоги

Подведены итоги соревнований Мемориала А. С. Попова 2020 года. В этом году мы получили 201 отчёт. Можно утверждать, что в этих соревнованиях принимали участие более 200 спортсменов.

В группе участников, работавших телеграфом, лучшим в этом году стал Виктор Кондратьев (UA6CC) из станицы Старовеличковской Краснодарского края. Второе место занял Тодор Тодоров (LZ1ND) из болгарского г. Пловдива. А третьим в этой группе был Александр Волобуев (RK3ER) из г. Орла.

У тех, кто работал SSB, победил Александр Чуркин (RM4HZ) из с. Новый Буян Самарской обл. Второе место в этой группе занял Владимир Чичикалов (RZ5Z) из г. Старый Оскол Белгородской обл. На третьем месте — Алексей Климкин (UA9URI) из пос. Краснобродский Кемеровской обл.

В группе MIXED на первом месте — Валерий Жиляев (UN7LZ) из г. Костанай, Казахстан. На второе место вышел Павел Устинов (R9OK) из с. Плотниково Новосибирской обл., в предыдущие два года он был третьим. На третьем месте в этой группе — Рустам Мухаметзянов (RU6K) из г. Симферополя, Республика Крым.

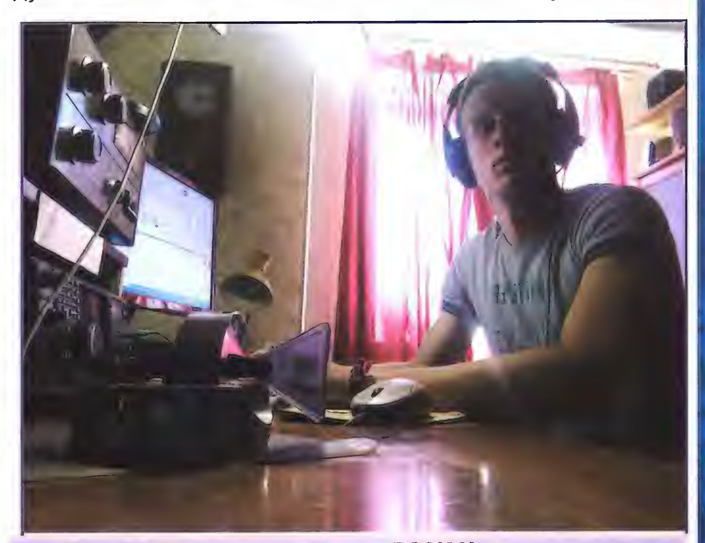
Среди радиостанций с несколькими операторами лучшей была команда коллективной радиостанции ДОСААФ RC9J из пос. Радужный Тюменской обл. В неё входили Алексей Зотов и Александр Умаров. Второе место — у команды коллективной радиостанции UA0CDX из г. Хабаровска, в составе которой принимали участие Матвей Шимелин, Евгений Плотников, Даниил Журавлёв, Александр Цибизов и Александр Савин. Третье место заняла команда радиостанции RK4HYT СЮТ из с. Кинель-Черкассы Самарской обл., в состав которой входили Сергей Бахаев, Данила Сенгилевский и Даниил Мизинов.

В молодёжной группе с одним оператором был всего один участник — Артём Пережогин (UI9U) из пос. Каз Кемеровской обл.

Команда радиостанции R0AK Центра творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края была лучшей в молодёжной группе коллективных радиостанций. В составе этой команды участвовали Григорий Аникин и Анастасия Дорохова, тренер команды — Александр Иванович Смахтин (R0AA). На втором месте в этой группе — команда радиостанции RK4W Дворца детского (юношеского) творчества из г. Ижевска, в которой принимали участие Сергей Коробко, Захар Грибков и Тимофей Блинов. Тренирует команду Павел Анатольевич Коробко (RX4WX).



Виктор Кондратьев (UA6CC) показал лучший результат в группе SINGLE-OP CW.


Григорий Аникин из команды R0AK Центра творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края, занявшей первое место в группе молодёжных радиостанций с несколькими операторами.

Третье место заняла команда радиостанции UN8LWZ средней школы № 11 из г. Костанай, Казахстан, которую тренирует Анатолий Дмитриевич Ефанов (UN9LA). В неё входили Эмира Абдрахманова, Алина Жилевич, Даниил Востротин, Ангелина Бровкина, Азат Паризов и Стелла Бойк.

В группе музейных участвовала одна радиостанция — это радиостанция Мемориального музея А. С. Попова RK1B из Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" имени В. И. Ульянова (Ленина).

Наблюдатель в этих соревнованиях также был один — Александр Бойко (US-Q-2115) из с. Великая Белозёрка Запорожской обл., Украина.

В этом году в мемориале были представлены все федеральные округа страны. Лучшие результаты по федеральным округам среди радиостанций с одним оператором (группа MIXED) и с несколькими операторами показали:

— R1DX (Северо-Западный федеральный округ);

— UA5C (Центральный федеральный округ);

— RU6K и RY6LAE (Южный федеральный округ);

— R9OK и R0AK (Сибирский федеральный округ);

— R9LY и RC9J (Уральский федеральный округ);

— UA4WAU и RK4W (Приволжский федеральный округ);

— UA6GO (Северо-Кавказский федеральный округ);

— UA0DX и UA0CDX (Дальневосточный федеральный округ).

У иностранных участников этих соревнований лучшими оказались UN7LZ и коллектив UN8LWZ.

Российские радиостанции, показавшие лучшие результаты по федеральным округам страны, и лучшие среди иностранных радиостанций будут отмечены памятными плакетками Минкомсвязи РФ и ФГУП "ГРЧЦ".

В **таблице** приведены итоги всех участников (место, позывной, число связей, результат), кроме того, итоги размещены по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/popov_mem_2020_tab_site.pdf** на нашем сайте.

SINGLE-OP CW

1	UA6CC	256	10980
2	LZ1ND	221	9366
3	RK3ER	213	9105
4	EU8U	205	8749
5	RX9AF	203	8629
6	R8OM	195	8231
7	UA7KA	189	8095
8	UA4AQL	187	7999
9	R3EC	190	7983
10	RJ3A	182	7853
11	UD8A	168	7220
12	RN4W	169	7147
13	R3YC	156	6765
14	RN5AA	153	6549
15	RN6AT	153	6453
16	UA3QGT	148	6363
17	RA3AGF	149	6267
18	RW3AI	135	5845
19	R7MM	139	5827
20	R4BZ	138	5777
21	R1NW	130	5742
22	RD1T	135	5717
23	RU9TN	133	5664
24	RX9CM	132	5657
25	UA9CDC	123	5295
26	YL2CV	124	5286
27	R7KX	125	5272
28	EW8OM	120	5147
29	RW0AJ	120	5108
30	EV6Z	122	5062
31	US1VM	115	5053
32	RA7R	113	4685
33	RN9RF	109	4664
34	R8XF	104	4543
35	LZ1VQ	106	4454
36	YL2TD	106	4355
37	US7IA	99	4266
38	RA3YZ	98	4246
39	RX3QNE	95	4205
40	R4OF	98	4200
41	UZ1U	101	4164
42	RT5P	97	4151
43	LZ1QZ	98	4086
44	RA5AQ	97	4060
45	RM5Y	91	3983
46	UA4C	89	3922
47	RT8O	87	3910
48	UD8V	87	3896
49	RA3TT	91	3880
50	UA1ZZ	90	3868
51	UA0QNV	89	3858
52	UA6LCJ	89	3834
53	R7AT	91	3820
54	9A1AA	86	3714
55	R9XS	89	3631
56	EU8F	74	3294
57	R1NI	79	3269
58	RN3S	67	2905
59	UA4WAV	69	2870
60	RM5F	67	2832
61	RD3AB	71	2778
62	UT7LW	65	2748
63	RL3T	63	2676
64	R1ND	57	2553
65	UA4FDL	61	2491
66	UA6HLN	57	2401
67	R7MT	58	2400
68	RA4NCC	58	2363
69	RA3XCZ	57	2335
70	RV9UDO	53	2238
71	EU6O	53	2227
72	UA4LL	49	2093
73	UR7VA	47	2059
74	R4WT	48	2003
75	SN5N	46	1966
76	R9QQ	46	1946
77	RZ9A	47	1905
78	OK2BOB	45	1759
79	RA4DR	40	1729
80	UA3UBT	40	1715
81	R7AC	38	1621
82	EU6DX	39	1612
83	OK2QX	40	1573
84	UA9XL	37	1565
85	RA3MD	37	1532
86	UA0CHE	36	1496
87	UA9XO	32	1394
88	EW6F	32	1383
89	RW9MZ	33	1344
90	RT6N	32	1308
91	RG8G	24	1163
92	UA3DSN	30	1155
93	UA3PP	24	1071
94	OK1PFM	27	1060
95	SM6BZV	24	991
96	UR5ITU	25	988
97	UA0ABM	26	956
98	LZ5QZ	20	930
99	R6CW	23	907
100	UT7MR	19	762
101	RA3VE	16	714
102	OE1CIW	13	575
103	RV1ZT	10	439
104	EU1ST	9	393
105	LZ2AF	9	383
106	YO8BDW	8	336
107	UR5LEH	7	309
108	RD3FV	5	177
109	RA3AL/M	1	44

SINGLE-OP SSB

1	RM4HZ	87	2978
2	RZ5Z	71	2422
3	UA9URI	64	2164
4	R3RF	61	2062
5	RA4FUR	49	1686
6	UA4HEZ	49	1561
7	R3AAA	49	1557
8	RW4HBG	42	1436
9	RA3DSV	42	1315
10	RX9CCJ	36	1223
11	UT0ZT	34	1160
12	RA0UJ	29	1053
13	RA4HG	34	1036
14	RT9YT	29	998
15	UA4SJO	31	976
16	RN3FY	26	870
17	UR4MS	30	869
18	RZ3ZZ	26	851
19	UA1ABJ	26	776
20	UA1AAY	18	719
21	UA4FDK	25	693
22	R2GB	23	603
23	R1BBT	9	402
24	R2EL	12	386
25	4Z5KZ	1	40

SINGLE-OP MIXED

1	UN7LZ	292	11995
2	R9OK	251	10282
3	RU6K	234	10173
4	R1DX	234	9415
5	R0AA	239	9351
6	UA5C	223	9104
7	RL4A	218	8897
8	R9LY	191	8058
9	RC1W	171	7193
10	R9MM	152	6165
11	UN8PT	148	5874
12	RC9A	135	5708
13	UC5D	133	5625
14	UA6GO	135	5571
15	UA4WAU	136	5373
16	RV9CVA	130	5252
17	UA4CNJ	127	5235
18	UA9XX	118	5211
19	R9CX	114	4831
20	UT5VX	112	4794
21	UI8C	112	4511
22	RA0AR	100	4291
23	UN0LM	98	4150
24	UA0DX	95	3995
25	RZ9UO	85	3766
26	UA9SMU	87	3563
27	RN4SC	85	3510
28	UN7QF	78	3413
29	RW0UM	74	3076
30	UA9CU	65	2693
31	RA0AY	70	2672
32	R8TA	54	2334
33	RT0O	49	2210
34	UA3TW	54	2177
35	R1QE	49	1952
36	R4HM	43	1909
37	RY0A	54	1903
38	UA4PBT	48	1843
39	R9CD	47	1816
40	R0JD	38	1586
41	RK8W	41	1571
42	UN7JID	38	1538
43	UA6AK	35	1503
44	RV3VR	33	1343
45	RM1F	27	1203
46	UB3DDA	26	917
47	R3NAN	19	802
48	RA1AGJ	18	733
49	JF1KWG	2	82

MULTI-OP

1	RC9J	258	10278
2	UA0CDX	171	6799
3	RK4HYT	139	5827
4	RU8W	146	5705
5	RY6LAE	25	950

JR SINGLE-OP

1	UI9U	47	1843

JR MULTI-OP

1	R0AK	233	9679
2	RK4W	192	8070
3	UN8LWZ	79	2871
4	RK9CYA	54	1961
5	RN9T	56	1937
6	RC9MAA	45	1581
7	RC9FC	41	1446
8	RZ4PXP	31	1118

POPOV MUSEUM

1	RK1B	24	700

CHECKLOG

1	UA6CT	58	0
2	RA1AL	78	0

SWL

1	US-Q-2115	7	239

Леонтий Владимирович Кубаркин (19RA) — коротковолновик-конструктор

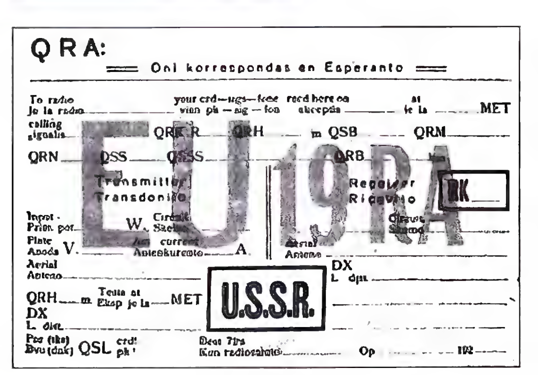
Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Эта статья подготовлена по материалам книги Георгия Члиянца (UY5XE) и Бориса Степанова (RU3AX) "Листая старые "CallBook" и не только... (1925—1941)" (Львов: СПОЛОМ, 2008) и по радиолюбительским журналам разных лет.

Москвич Леонтий Владимирович Кубаркин (1897—1966) не был отмечен в радиолюбительских журналах как DX-мен или контестмен, но оставил значительный след в истории развития и становления радиолюбительского движения в стране.



Леонтий Владимирович Кубаркин.



QSL 19RA.

Леонтий Владимирович начал заниматься радиолюбительством в 1915 г. Он собирал искровые передатчики с катушками Румкорфа и радиоприёмники с когерерами.

С 1926 г. Л. В. Кубаркин начал работать в журнале "Радиолюбитель". Позже в лаборатории этого журнала он стал заведующим отдела конструкций.

В 1927 г. Леонтий Владимирович получает позывной 19RA (проживал в Москве на ул. Садовая-Кудринская, 23-20).

В 1927 г. вышла его первая книга "Одноламповый генератор", которая выдержала пять изданий.



Л. В. Кубаркин и А. А. Эгерт "под развесистой клюквой", 1928 г.

Примечание. А. А. Эгерт был активным конструктором техники НЧ во второй половине 20-х годов. Например, их совместная публикация с Л. В. Кубаркиным [1].

В конце 1928 г. 19RA получает позывной eu2AL. Леонтий Владимирович продолжает публикации интересных статей. Например, в 1929 г. в журнале "Радиолюбитель" были опубликованы сразу две статьи (одна из них в соавторстве с Г. Гинкиным) [2, 3].

Примечание. Москвич Георгий Григорьевич Гинкин (eu2AK, ранее — 18RA; кандидат технических наук; одним из первых был награждён значком "Почётный радист" — 7 мая 1946 г.; автор нескольких книг, справочников и десятков статей; в 1949 г. стал лауреатом Сталинской премии третьей степени).

Представлял интерес выпускаемый совместно с Г. Г. Гинкиным ежегодный "Путеводитель по эфиру". Например, в издательстве МГСПС "Труд и Книга" в 1929 г. вышло его 5-е издание.

Во время Великой Отечественной войны Л. В. Кубаркин работал в радиопромышленности, а после её окончания — в журнале "Радио" и Политехническом музее. Им было написано более 30 книг и брошюр и множество журнальных статей. А его популярная книга "Занимательная радиотехника" (в соавторстве с Е. А. Левитиным) выдержала три издания (1956, 1962 и 1964 гг.).

7 мая 1946 г. Леонтий Владимирович одним из первых был награждён значком "Почётный радист".



"Путеводитель по эфиру", 1929 г., 5-е издание.

Л. В. Кубаркин умер буквально "с пером в руке" за очередной статьёй. С его смертью закончилась целая эпоха радиолюбительства в стране...

По вполне естественным причинам изложенный материал не может претендовать на право абсолютной исторической истины, но автор обработал доступные ему материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кубаркин Л., Эгерт А.** Радиопередвижки. — Радиолюбитель, 1928, № 3—4, с. 101—104.

2. **Кубаркин Л., Гинкин Г.** Сколько "ест" приёмник. — Радиолюбитель, 1929, № 5, с. 171—173.

3. **Кубаркин Л. В.** Приёмник с двумя обратными связями. — Радиолюбитель, 1929, № 5, с. 173—175.



Мемориал "Победа-75"

Валерий НЕСТЕРОВ (RA9J), г. Нижневартовск, ХМАО—Югра

Продолжая традиции радиоэкспедиций Мемориала "Победа", отделение союза радиолюбителей России по ХМАО—Югре при поддержке Русского Географического общества организовало экспедицию в составе пяти человек — Валерий Нестеров (RA9J), Олег Краснухин (RA9JM), Анатолий Гончаров (RA8J), Дмитрий Шайдуров (UA9JLI) и Андрей Кожевников (R9JAX) к географическому центру страны — точке, равноудалённой от всех послевоенных границ СССР.

U30R — ПОЗЫВНОЙ АВИАРАДИОДЕСАНТА

Статья, посвящённая радиоэкспедиции "Победа-30" ("Радио", 1974, № 8, с. 36, 37).

Когда-то в далёком 1974 г. экспедиция радиолюбителей, организованная журналами "Радио" и "Гражданская авиация", впервые открыла в эфире среди радиолюбителей всего мира Мемориал "Победа". Ровно через 30 лет радиолюбители ХМАО повторили историю радиодесанта.

Каждый год, отдавая дань памяти ветеранам, радиолюбители ХМАО активно работают в эфире в честь знаковых событий.

В этом году отделению Союза радиолюбителей России по ХМАО—Югре предоставили слово для открытия Мемориала. Всего в России участвовали 212 радиостанций, которые провели 1127570 сеансов связи. Наша радиостанция была ведущей в Мемориале "Победа-75".

2 мая в 12.00 по московскому времени мы открыли Мемориал словами:



Радиоэкспедиция "Победа-60".

"Добрый день, коллеги, друзья, ветераны!

На частоте работает мемориальная радиостанция RP75J в честь 75-й годовщины Победы в Великой Отечественной войне и первой радиоэкспедиции U30R, впервые открывшей Мемориал "Победа" в 1974 г. по инициативе журнала "Радио" из географического центра Советского Союза. Участник первой экспедиции U30R Олег Иванович Неручев (UA3HK) просил передать свои поздравления участникам марафона Мемориала "Победа".

От всей души поздравляем вас с 75-летием Победы в Великой Отечественной войне!

9 мая — главная, святая дата в жизни каждого из нас. Это день безмерной радости и гордости нашего народа за подвиг славного поколения настоящих героев, которые, не жалея жизни, защитили своё Отечество и освободили от фашизма Европу. Мы навсегда сохраним в наших сердцах память об их мужестве, верности долгу и любви к своей Родине.

Для участия в Мемориале команда радиолюбителей в составе RA9J, RA9JM, RA8J, UA9JLI, R9JAX выдвигается в радиоэкспедицию к точке географического центра бывшего Советского Союза.

До встречи в Мемориале "Победа-75!".

В течение часа мы несколько раз говорили, что работаем из ХМАО, где находится центр СССР, чтобы люди помнили, что в Великой Отечественной войне победил СССР!

На точке мы пробыли трое суток и провели 5200 сеансов радиосвязи с радиолюбителями из 74 стран мира. Нашими корреспондентами были представители всех государств Европы, ЮАР и Ливии из Африки, Австралии, Индонезии, США, Парагвая, Аргентины и других больших и малых стран. Первым, с кем мы связались, был радиолюбитель из Кемеровской области, поскольку ночью, когда мы начали работать, прохождение радиоволн было плохим, поэтому раньше других выходили с нами на связь из ближайших регионов. Высокого результата по числу установленных контактов мы добились благодаря тому, что радисты работали круглосуточно, меняя друг друга: один на передатчике с ключом, второй — с микрофоном.

Радиолюбители ХМАО не только открыли Мемориал "Победа-75", но и впервые испытали новейшие виды цифровой радиосвязи в рамках создаваемой комплексной системы связи (КСС), у которой нет аналогов в мире. В техническом плане система КСС является альтернативой сотовой связи. Она будет состоять из нескольких базовых станций КВ-диапазона, что позволит обеспечить коротковолновую радиосвязь от Камчатки до Калининграда.



Радиоэкспедиция "Победа-75". Слева—направо: Анатолий Гончаров (RA8J), Олег Краснухин (RA9JM), Валерий Нестеров (RA9J), Дмитрий Шайдуров (UA9JLI) и Андрей Кожевников (R9JAX).

Работа и жизнь.
Беллинсгаузен, 1984 год, 29-я САЭ

Александр БОРЗЕНКОВ (YL2AG), г. Рига, Латвия

В апрельском и июньском номерах журнала "Радио" этого года были опубликованы статьи автора с рассказами о работе на антарктической станции "Беллинсгаузен" и о путешествии в Антарктиду на теплоходе "Байкал". Сегодня мы публикуем заключительную статью.

27 декабря 1983 г. подошли к станции "Беллинсгаузен". Погода пасмурная, но ветра и снега нет. Нас встречают пингвины, летают поморники. Минут через 20 подходит плавающий транспортёр. Начинаем разгрузку. На берегу встречают ребята из 28-й советской антарктической экспедиции (САЭ) — крепкие рукопожатия, знакомства. После разгрузки все собираются в кают-компании на станции. Надо пообедать и поближе познакомиться. Наш повар Иван приготовил всякой всячины.



Окончание 29-й советской антарктической экспедиции (13 марта 1985 г.).



Ремонт антенн.

Он прибыл дней за десять до нас на теплоходе "Академик Фёдоров". У него это третья экспедиция в Антарктику, так что своё дело он знал на "отлично".



Вертолёт с австралийской антарктической станции.

Остров Южная Георгия.

После обеда идём на свои рабочие места. Для меня, радиоинженера и радиолюбителя, ничего сложного, кроме аппаратуры типа ЗАС (засекреченная аппаратура связи), не было. Приёмник "Шторм" я изучил на теплоходе "Байкал", телетайп тоже. Р-250 — классика, "Берёза" Р-140 — не новость, КВ-5, "ВЯЗ" — тоже знакомо. "Молнию-М" изучил позже. Антенны — два ромба, один направлен на "Молодёжную", другой — на Европу.

После ознакомления началось расселение. Поселили в общежитие, отдельная комната два на два метра. Кровать, стол, шкаф — это вся мебель.

Установил приёмник с передающей приставкой Я. Лаповка (UA1FA). В радиорубке нашёл бухту армейского канатика длиной 42,5 м. Потребовалось ещё около двух часов, чтобы установить антенну. Послушал эфир на 14 МГц, сплошь одна Южная Америка. Далее — ужин и посиделки с ребятами под антарктические сто грамм.

Вернулся к себе домой. На 14 МГц появилась уже Северная Америка. Антенна строится нормально, около пятидесяти ватт есть. Дал несколько CQ в CW. Странно, начали звать W, VE. Слышат меня нормально, в те годы прохождение было уже не в максимуме, пошло вниз, но всё равно отличное. Долго не сидел, утром на работу. Наш начальник радиостанции Борис Петрович тоже не первый раз на "Беллинсгаузене". Мы, все молодые, учились быстро. На следующий день можно было выходить на самостоятельную вахту. Телеграфом в основном работали с судами, которые ходили в нашем районе и передавали нам метеоданные.



Остров Грютвикен.

Рядом с нами находилась чилийская станция Mursh. Она больше нашей, и там ещё шло строительство. Гражданских было немного, в основном военные. С радистами познакомился через несколько дней. Я уже писал, что с разговорным испанским у меня проблем не было.

После Нового года у чилийцев был какой-то праздник, и они пригласили нас в гости. Праздник удался на славу. Накрытые столы с чилийскими лакомствами. Коньяк 45 градусов, мы его назвали "Три полена", этикетка в виде сложенных дров. Водка Aquagradiente крепостью 50 градусов и очень много всякого мяса. Мы тоже были не с пустыми руками. Обстановка была просто великолепная. Чилийцы — народ гостеприимный и радушный несмотря на то, что у власти был президент Аугусто Пиночет. Разошлись около полуночи большими друзьями.

В середине января выдалась отличная погода: солнце, температура около пяти градусов тепла. У меня свободный день. Отпросился у начальника, чтобы посмотреть берег Тихого океана. Через аэродром прошёл около двух километров. Берег высокий, но к океану есть проходы. На побережье много морских слонов. Главное, не подходить близко. Они огромные, до пяти метров в длину и очень охраняют свою территорию и гарем. Скелетов китов тоже в достатке. Один позвонок как огромная табуретка и кости от рёбер длиной около двух метров. Птицы, всё те же поморники, летают стаями. Два часа прогулки подняли настроение.

(Окончание следует)

Памяти Бориса Степанова (UW3AX/RU3AX)

Члиянц Г. Памяти Бориса Степанова (UW3AX/RU3AX). — Львов, 2000 год

Вышла в свет книга Георгия Артёмовича Члиянца "Памяти Бориса Степанова (UW3AX/RU3AX)". Автор отмечает, что цель этой книги — попытка собрать воедино разрозненные материалы и публикации о Борисе Григорьевиче Степанове (UW3AX/RU3AX), который проработал более сорока лет заместителем главного редактора журнала "Радио", а последние полтора десятка лет — первым заместителем главного редактора. Кроме того, с 1992 г. по 1998 г. он был главным редактором "КВ-журнала", который выходил как приложение к журналу "Радио".

Борис Григорьевич оставил значительный след в развитии увлечения под названием радиолюбительство! Его деятельность многократно отмечена всевозможными наградами и званиями в радиоспорте как конструктора и пропагандиста многих аспектов радиолюбительства.

Сообщение о его уходе из жизни на сайте американской лиги радиолюбителей (ARRL) начиналось со слов: "Father of Competitive Radio" in USSR". Со смертью Б. Г. Степанова ушла целая эпоха...



Управление гексаподом с помощью гироскопа и акселерометра смартфона

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

В развитие темы дистанционного управления игрушкой-гексаподом [1] вниманию читателей предлагается описание нескольких вариантов приложений для смартфона, предназначенных для реализации такого управления.

Существенно расширить возможности смартфона в качестве пульта управления можно, используя встроенные в него различные сенсоры (датчики), например, акселерометр и гироскоп. Первый из них определяет проекции относительного ускорения, а второй — составляющие угловых скоростей при движении аппарата. Оба датчика часто используются во многих приложениях, в основном игровых. Так, перемещая смартфон в пространстве определённым образом, можно добиться исполнения нужной последовательности команд управляемой игрушкой. Такой пульт отличается от сенсорно-кнопочного возможностью отсутствия визуального контроля экрана, поскольку пользователь управляет на ощупь.

Схема изменённого варианта гексапода дана на **рис. 1**. У него вместо датчика препятствия подключён bluetooth-модуль HC-05. Внешний вид конструкции показан на **рис. 2**. Расположение выводов нового модуля и доработанный вариант игрушки позволяют не менять трёхвыводный модульный разъём, исключая одно соединение (на рис. 1 выделено красным). Таким образом, конструкция претерпевает минимальные изменения.

Рис. 1

Скетч для управления роботом существенно изменён. Добавлены функции приёма и обработки данных от bluetooth-модуля, изменён алгоритм описания движений робота, добавлены их варианты. Несложно заметить, что при любых движениях игрушки качалки сервоприводов либо покоятся в двух крайних положениях, либо плавно к ним движутся. При этом движения одинаковые, они лишь смещены друг относительно друга во времени. Если обозначить величину углового смещения качалки от центрального (угол качалки примерно 90 градусов) положения как **ugol**, а сервоприводы как **a,b,c** (рис. 1), различные направления движения робота можно представить в виде графиков, показанных на **рис. 3**. Каждое движение задаётся смещением по времени одного или двух графиков относительно исходного на некоторую кратную часть периода. Такой график в скетче можно представить как последовательность или массив данных, элементы которого поочерёдно перебираются с течением времени (массив **tabl[]**). Смещение графиков можно задать переменными, принимающими значение части числа элементов данного массива — **sm_1**, **sm_2**. Подобрав экспериментально их значения для каждого движения, автор свёл их в два массива — **tabl_sm1** и **tabl_sm2**. А сам вариант движения представил в отдельной функции **dvig();**. Её аргументами как раз и являются переменные **sm_1**, **sm_2**. Меняя элементы первого массива, можно менять форму графиков, т. е. плавность движения. Переменные **n** и **dd** задают скорость перемещения гексапода и амплитуду движений конечностей. Исходным графиком является график для правой пары ног, но его можно переназначить на левую, например, как: **servo_a.detach(); servo_b.detach();servo_a.attach(6); servo_ b.attach (5);**. Именно такой подход реализован при создании и редактировании скетча. У автора игрушка имеет девять вариантов движения с регулировкой скорости.

Далее рассмотрим **(рис. 4)** порядок получения данных от каждого сенсора внутри программы приложения. Для гироскопа (верхняя часть рисунка) соответствующая оси переменная **AngularVelocity** принимает новое значение при каждом повороте корпуса смартфона. Например, смещение левой стороны смартфона вниз относительно оси Y даст положительное число — ний положения гаджета независимо от его положений в покое. Для акселерометра (нижняя часть рисунка) соответствующая переменная **Ось** возвращает изменённые значения не только при

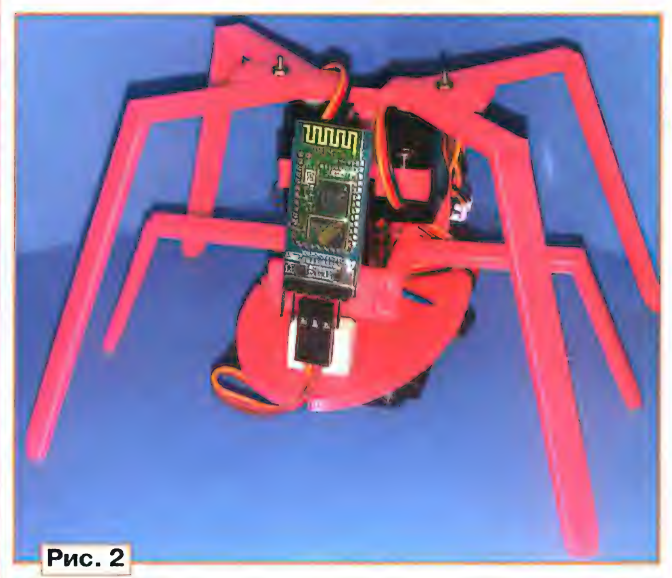


Рис. 2

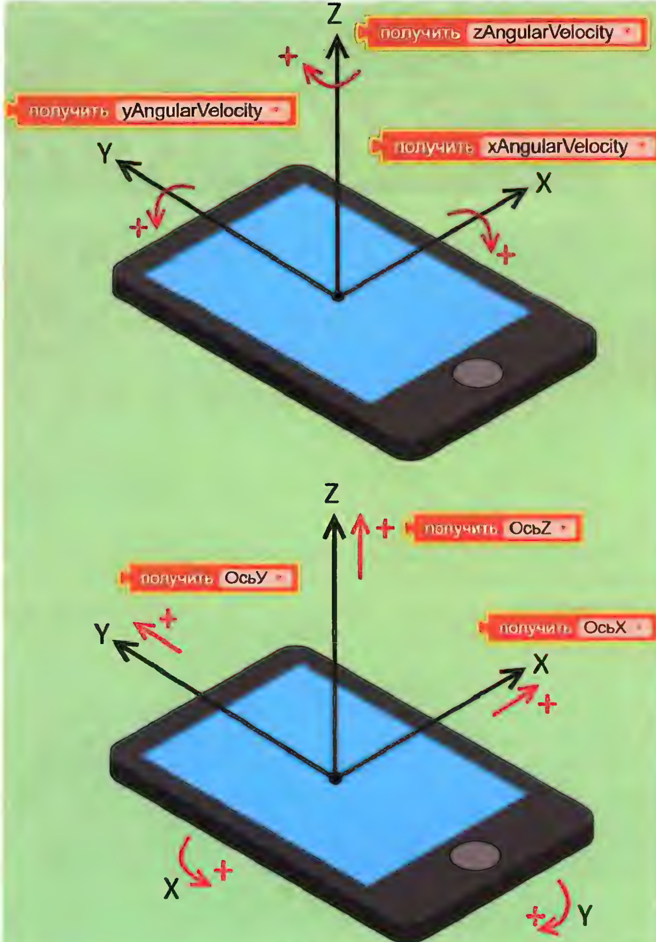


Рис. 4

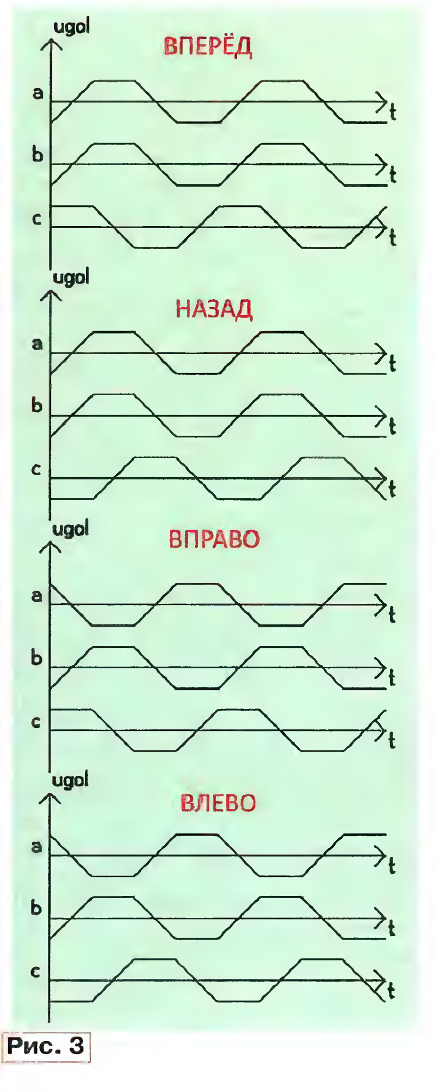


Рис. 3

тем большее, чем быстрее поворот. Значение возвращается в градусах на секунду, при разумных поворотах значение получается от 10 до 100. При движении вниз правой стороны значения получаются отрицательными. Аналогично будет и для других осей. Сенсор фиксирует скорость измене-

```
когда СенсорАкселерометра1 .УскорениеИзменилось
  ОсьX  ОсьY  ОсьZ
делать  если  получить global FL = истина
        то  присвоить Надпись1 . Текст в получить ОсьX
            присвоить global FL в ложь

когда GyroscopeSensor1 .GyroscopeChanged
  xAngularVelocity  yAngularVelocity  zAngularVelocity  timestamp
делать  если  получить global FL = истина
        то  присвоить Надпись1 . Текст в получить xAngularVelocity
            присвоить global FL в ложь

когда Часы1 .Таймер
делать  присвоить global FL в истина
```

Рис. 5

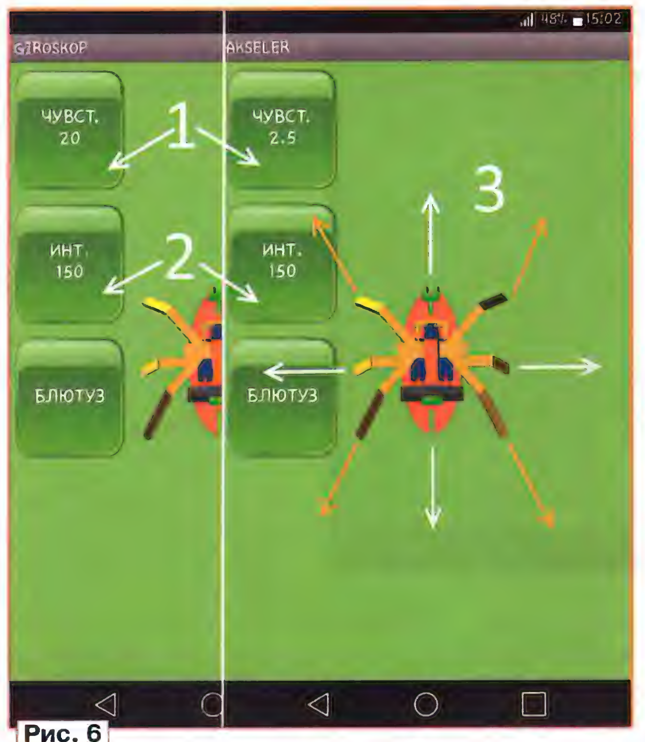


Рис. 6

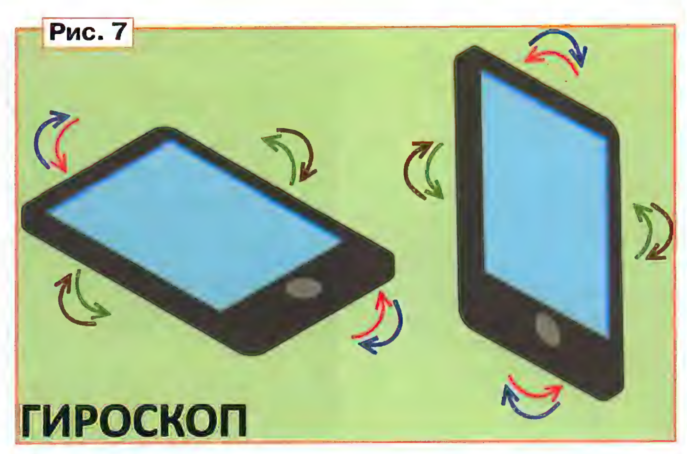


Рис. 7

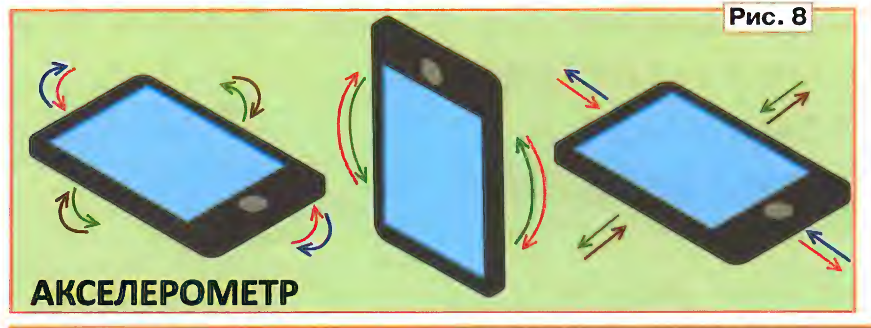


Рис. 8

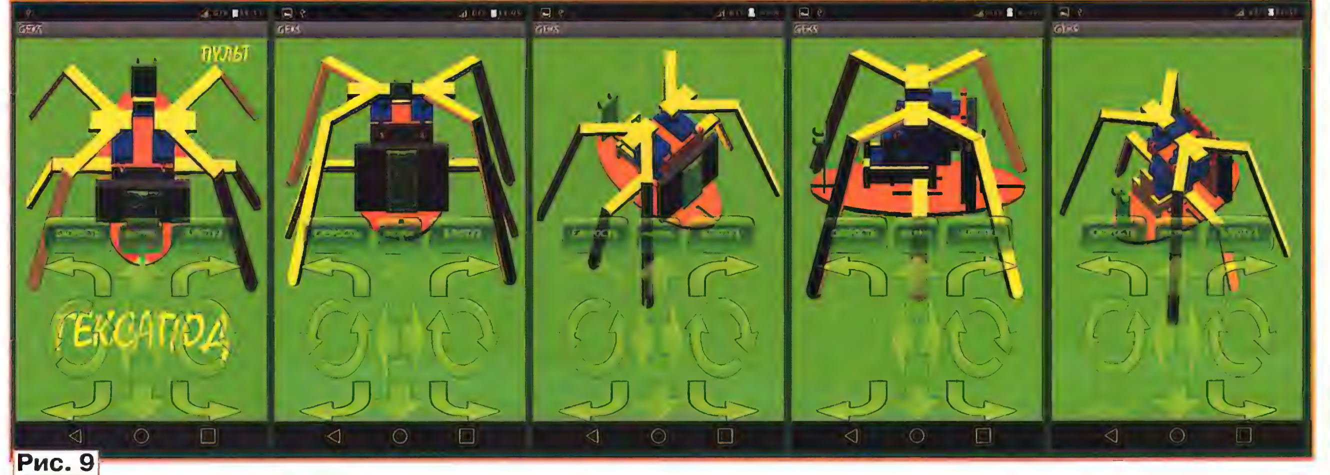


Рис. 9

линейно-ускоренных движениях, но и при изменённом положении корпуса смартфона. Значения измеряются в метрах на секунду в квадрате. У автора в приложениях задействованы две горизонтальные координатные оси. Следует отметить, что между снятиями показаний желательно пользоваться временной паузой от 50 до 500 мс. Фрагмент кода в пазлах дан на **рис. 5**. Переменная **FL**, принимая значения "ложь" или "истина", управляет опросом сенсоров через заданный интервал времени по оси X и выводом полученных значений в "Надпись1". Анализируя величины абсолютных значений, их знак и соотношения по осям, можно программно определять, какие манипуляции с корпусом были проделаны, и передавать соответствующие команды на плату Arduino.

Внешний вид экранов приложений приведён на **рис. 6**. Слева находятся кнопки управления: две — для настройки сенсоров и одна — для управления соединением с bluetooth-модулем. Кнопка 1 устанавливает перебором при кратких нажатиях пороговое значение скорости поворота для гироскопа, при котором сработает команда на изменение движения робота. Для акселерометра происходит регулировка пороговых величин ускорений и углов поворота корпуса для смены движений. Элемент фоновой картинки 3 (гексапод) при смене команд также меняет своё расположение, указывая направление движения игрушки. Для приложения с гироскопом их четыре (обозначены белыми стрелками), для второго приложения их восемь (добавление оранжевыми стрелками). Кнопка 2 регулирует интервал опроса датчиков. Выбор приложения, манеры управления и настройку сенсоров делает сам пользователь под себя индивидуально. Первое приложение (**рис. 7**) позволяет управлять роботом при любых начальных положениях смартфона в одной манере. Второе приложение (**рис. 8**) чувствительно к исходному положению, оно должно быть горизонтальное, но позволяет управлять в трёх манерах, двигая изображение игрушки подобно настоящему.

Для сравнения удобств и преимуществ пультов-приложений автор разработал третий вариант — GEKS (**рис. 9**, **рис. 10**). Оно имеет кнопоч-

ное управление с анимацией действий и дополнительный экран с инструкцией по использованию.

При самостоятельной разработке графики приложений удобно пользоваться Open SCAD, извлекая необходимые изображения робота или его частей из моделей элементов. Для этого достаточно пройти по пути **Файл→Экспортировать→Экспортировать в растр...**, предварительно выставив желаемый ракурс робота в окне просмотра.

Разобравшись с работой приложений и приобретя некоторый опыт, можно попробовать объединить все пульты в один с несколькими рабочими экранами. Как организовать обмен данными между ними, можно ознакомиться в [2, 3].

Рис. 10

Все варианты приложений используют подключение к модулю с заданным в программе MAC-адресом имеющегося в распоряжении bluetooth-модуля. Чтобы его узнать для своего конкретного экземпляра, можно воспользоваться дополнительным приложением [4]. При повторении конструкции с использованием пультов это следует учитывать и отредактировать номер (адрес) в проекте собственного приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Гексапод на Arduino Pro mini и трёх сервоприводах SG90. — Радио, 2020, № 7, с. 53, 54.

2. Обмен данными между экранами App Inventor. — URL: **https://idilettante.ru/mobilnye-prilozeniya/obmen-dannymi/** (22.04.20).

3. Несколько экранов из одного. — URL: **https://vk.com/topic-104497333_33264230** (22.04.20).

4. Serial Bluetooth Terminal. — **https://play.google.com/store/apps/details?id =de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal** (22.04.20).

От редакции. *Скетч и файлы для проекта, а также видеозапись работы устройства находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/hexapod-2.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Светодиодный светильник с акустическим включением и таймером

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Предлагаемый вниманию читателей светильник собран на основе светодиодной матрицы 2В3С (или более мощной) и специализированной микросхемы PT4110 [1, 2]. У этого светильника есть два режима работы. Первый — постоянный, второй — с акустическим включением и таймером. Во втором режиме достаточно негромкого стука по столу, на котором установлен светильник, он включается и некоторое время светит, после чего автоматически выключается. Этот режим удобно использовать в ночное время, чтобы в темноте не искать выключатель. В обоих случаях реализовано плавное нарастание яркости свечения. Питать светильник можно от источника напряжением 5 В, например, ЗУ смартфона или от аккумулятора (Power bank). В последнем случае светильник можно использовать как переносной и располагать в любом удобном месте.

Схема светильника показана на **рис. 1**. На специализированной микросхеме PT4110E89E (DA2) собран повышающий преобразователь напряжения со стабилизацией выходного тока. Нагрузка преобразователя — светодиодная матрица EL1. Преобразователь работает так, что микросхема поддерживает на своём входе FB постоянное напряжение 0,3 В. Если этот вход подключён непосредственно к датчику тока — резистору R6, ток через светодиодную матрицу можно установить этим резистором $I_{EL1} = 0{,}3/R6$.

Максимальный ток через светодиодную матрицу задаёт резистор R6, в данном случае — около 200 мА. Плавное нарастание яркости светильника осуществляется с помощью конденсатора C4. После включения преобразователя напряжение на выходе выпрямителя растёт, и этот конденсатор начинает заряжаться через резисторы R5—R7. На резисторе R5 возникает напряжение, которое складывается с напряжением на резисторе R6, и в результате ток через светодиодную матрицу будет меньше максимального. По мере зарядки конденсатора C4 ток через него уменьшается, напряжение на резисторе R5 падает, а за счёт увеличения тока через светодиодную матрицу на резисторе R6 станет расти. В результате по окончании зарядки конденсатора C4 яркость свечения станет максимальной.

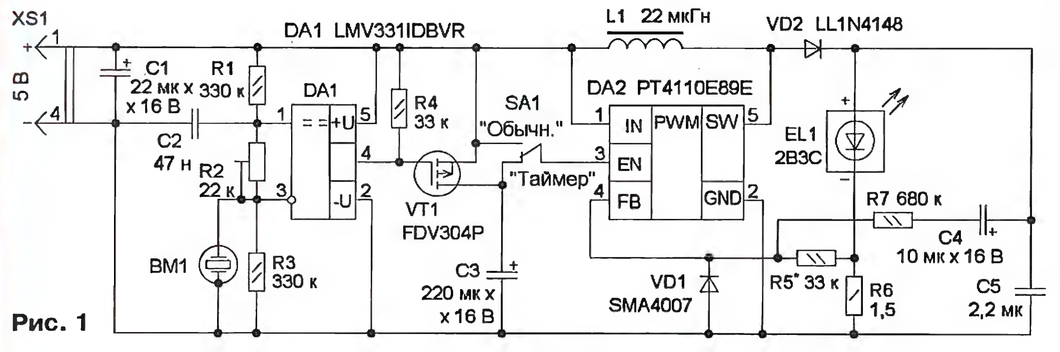


Рис. 1

Включение преобразователя осуществляется подачей управляющего напряжения на вход EN микросхемы DA2. При напряжении низкого уровня (не более 0,4 В) микросхема выключается, при подаче напряжения высокого уровня (не

менее 1,5 В) — включается. В верхнем по схеме положении подвижного контакта переключателя SA1 на этот вход поступает напряжение питания, поэтому преобразователь работает и светодиодная матрица светит.

В нижнем по схеме положении подвижного контакта переключателя SA1 устройство переходит в режим акустического включения с таймером. Реализация такого режима осуществляется с помощью пьезоизучателя, выполняющего функцию микрофона (ВМ1), компаратора DA1, ключа на транзисторе VT1 и конденсатора С3. В исходном состоянии на неинвертирущем входе компаратора напряжение больше, чем на инвертирующем, поэтому на его выходе высокий уровень напряжения, транзистор VT1 закрыт, конденсатор С3 разряжен и преобразователь выключен. При механическом воздействии на микрофон, например, несильного стука по столу, на инвертирующий вход компаратора DA1 поступает серия импульсов, он переключается, транзистор открывается, и конденсатор С3 быстро заряжается, что приводит к включению светильника. После этого начинается разрядка конденсатора С3, в течение которой светильник будет включён. Когда конденсатор С3 разрядится до напряжения менее 1,4 В, светильник выключится. Резистор R4 установлен потому, что компаратор имеет выход с открытым коллектором. Полевой транзистор применён потому, что время зарядки конденсатора С3 ограничено длительностью серии импульсов на входе компаратора, поэтому ток зарядки должен быть большим. Диод VD1 защищает вход FB микросхемы от минусового напряжения, которое может появиться при разрядке конденсатора С4.

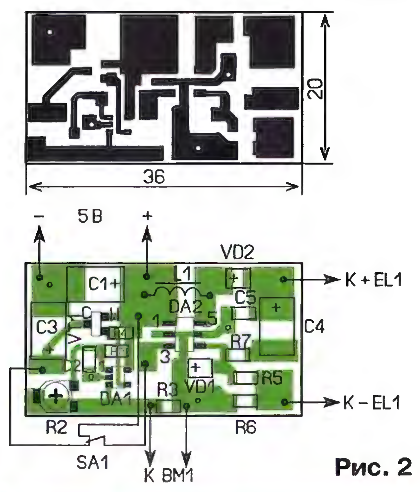


Рис. 2

В дежурном режиме потребляемый ток невелик и определяется током потребления компаратора DA1 (около 40 мкА), микросхемы DA2 (1 мкА) и протекающего через резисторы R1—R3 тока (8 мкА). Поэтому отдельного выключателя питания нет, но его нетрудно установить. Во включённом режиме потребляемый ток зависит от тока через светодиодную матрицу, её мощности и КПД преобразователя. Для указанных номиналов и типов элементов потребляемый ток во включённом состоянии — около 400 мА.

Ток зарядки конденсатора С4 после включения светильника, а значит, и её продолжительность, т. е. время нарастания яркости светильника определяют сопротивление резистора R7 и ёмкость конденсатора С4. Для указанных номиналов время нарастания яркости составляет около 15 с. Его можно изменить подборкой конденсатора С4. Если плавного включения светильника не требуется, элементы VD1, R5, R7, C4 не устанавливают, а взамен резистора R5 впаивают проволочную перемычку.

Продолжительность выдержки до выключения светильника зависит от ёмкости конденсатора С3 и входного сопротивления входа EN микросхемы DA2. Дело в том, что между входом EN и выводом GND внутри микросхемы установлен резистор сопротивлением 500 кОм. В результате с указанной ёмкостью конденсатора С3 продолжительность выдержки составляет около 100 с.

Все элементы, кроме светодиодной матрицы и переключателя, установлены на двухсторонней печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. Вторая сторона оставлена металлизированной и использована в качестве общего провода. Через отверстия в плате с помощью отрезков лужёного провода она соединена с площадками первой стороны платы. Применены в основном элементы для поверхностного монтажа. Неполярные конденсаторы — типоразмера 0805, остальные — танталовые типоразмеров С, В и Е. Постоянные резисторы — типоразмера 1206, подстроечный — серии PVZ3A. Дроссель — так называемой силовой серии SCD504T индуктивностью 10...22 мкГн. Диод VD2 — любой быстродействующий выпрямительный для поверхностного монтажа с допустимым обратным напряжением не менее 40 В и допустимым током до 200 мА. Светодиодная матрица — 2В3С или аналогичная серии 2ВхС, но более мощная. Если номинальное напряжение матрицы будет более 15 В, конденсатор С4 должен иметь соответствующее номинальное напряжение. Переключатель — малогабаритный любого типа, пьезоизлучатель — ЗП-1, у него использован один вывод, а металлический корпус соединён с минусовой линией питания.

Основа конструкции устройства — ребристый теплоотвод с внешними размерами 35×45×12 мм, предназначенный для транзистора в корпусе ТО-220. С одной стороны с помощью теплопроводящего клея STARS-922 приклеена светодиодная матрица (**рис. 3**), а с другой с помощью любого клея — печатная плата, а с помощью секундного клея — переключатель (**рис. 4**). Монтаж ведут с помощью тонкого изолированного провода. Для подачи питающего напряжения надо применить провод, рассчитанный на ток до 1 А. Для подключения к зарядному устройству смартфона или Power bank удобно применить USB-кабель. Можно использо-

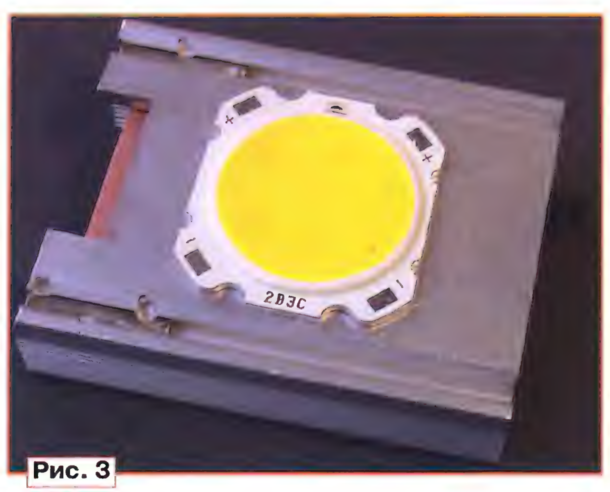


Рис. 3



Рис. 4


Рис. 5


Рис. 6

вать такой кабель от компьютерной мыши, но за счёт большого сопротивления на нём будет падать существенная часть напряжения питания, что снизит общий КПД устройства. Поэтому такой кабель должен быть минимальной длины.

Пьезоизлучатель приклеивают в нижней части теплоотвода над платой так, чтобы он был основанием светильника (**рис. 5**). Таким образом, светильник размещается на столе непосредственно на пьзоизлучателе. Это обеспечивает максимальную чувствительность к негромкому стуку по столу. Но пользоваться таким светильником надо аккуратно, поскольку пьезоизлучатель очень чувствителен к механическим воздействиям. Для защиты от влаги плату после проверки и налаживания можно покрыть влагостойким лаком. Для защиты матрицы от механических воздействий её можно закрыть матовым прозрачным пластмассовым колпаком подходящего размера от светодиодной лампы (**рис. 6**).

Чувствительность устанавливают подстроечным резистором R2. Чем больше будет сопротивление между входами компаратора, тем меньше чувствительность. Для светодиодной матрицы мощностью более 3 Вт потребуется теплоотвод большего размера.

Как сказано выше, питать светильник можно от источника напряжением 5 В и с выходным током не менее 1 А, например, ЗУ смартфона или от аккумулятора (Power bank). Но следует учесть, что некоторые слишком умные Power bank при малом потребляемом нагрузкой токе понижают выходное напряжение в несколько раз. С таким устройством светильник может просто не включиться.

ЛИТЕРАТУРА

1. PT4110. High Efficiency White LED Driver. — URL: **http://www.datasheet-pdf.com/PDF/PT4110-Datasheet-Powtech-826573** (29.05.20).

2. **Нечаев И.** Регулируемый светодиодный светильник с питанием от 5 В. — Радио, 2020, № 7, с. 59—61.

__От редакции.__ Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut размещён по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2020/08/svet-3.zip__ на нашем сервере.

Ответы на викторину "Микроконтроллеры и измерения"

("Радио", 2020, № 7, с. 57, 58)

__С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина__

1. Ответ — 1. Излучающие диоды оптронов U1 и U2 соединены встречно-параллельно. Поэтому в полупериодах сетевого напряжения одной полярности ток течёт через излучающий диод оптрона U1, в полупериодах другой полярности — оптрона U2. Поэтому фототранзисторы этих оптронов открываются по очереди, и каждый из них генерирует импульсы низкого логического уровня длительностью чуть меньше "своего" полупериода. Поскольку участки коллектор—эмиттер этих фототранзисторов соединены согласно-параллельно, в течение каждого периода сетевого напряжения на выходе А образуются два коротких импульса высокого логического уровня. Они следуют с частотой 100 Гц (вдвое выше сетевой) и совпадают по времени с моментами перехода мгновенного значения сетевого напряжения через ноль. Поэтому представленный на схеме узел называют "детектором нуля" и используют в устройствах, работа которых должна быть синхронизирована с сетевым переменным напряжением. Например, в тиристорных регуляторах мощности нагрузки. Если стоит задача измерить частоту напряжения в сети, частоту следования импульсов "детектора нуля" следует разделить на два.

2. Ответ — 0. Передаточные характеристики многовходовых логических элементов структуры КМОП зависят от того, какие из их входов используются. На **рисунке** [1] для примера показаны зависимости выходного напряжения $U_{вых}$ от входного $U_{вх}$ для четырёх вариантов использования входов логических элементов микросхемы К561ЛЕ6.

"Голубой" и "красный" варианты применены в узле, схема которого приведена в вопросе. Здесь входные импульсы проходят параллельно через два элемента, имеющих разные пороги переключения. Вследствие этого перепады импульсов на выходах 1 и 2 сдвинуты по времени. Этот сдвиг пропорционален крутизне нарастания или спада входного напря-

жения. Длительность прохождения импульса через логический элемент этот узел определить не поможет.

3. **Ответ — 1.** Сеть переменного тока 230/400 В имеет три фазных провода, обозначаемых L1, L2, L3, и один общий нулевой провод N. Напряжения между любым из фазных проводов и нулевым проводом — 230 Вэфф и взаимно сдвинуты по фазе на 120°. Линейные напряжения (между любой парой фазных проводов) равны 400 Вэфф с таким же сдвигом фаз.

Рассматриваемый узел предназначен для контроля исправности фаз такой сети. Его основа — трёхфазный выпрямитель на диодах VD1—VD3 со сглаживающим конденсатором C1. Ввиду того что сопротивление ограничивающих ток в ветвях выпрямителя резисторов R1—R3 значительно больше сопротивления общей для них нагрузки (резистора R4), ветви можно считать независимыми, а постоянные составляющие протекающего через них тока (при равных фазных напряжениях) одинаковыми. Сумма этих составляющих, протекая через резистор R4, создаёт на нём падение напряжения, поступающего на вход АЦП.

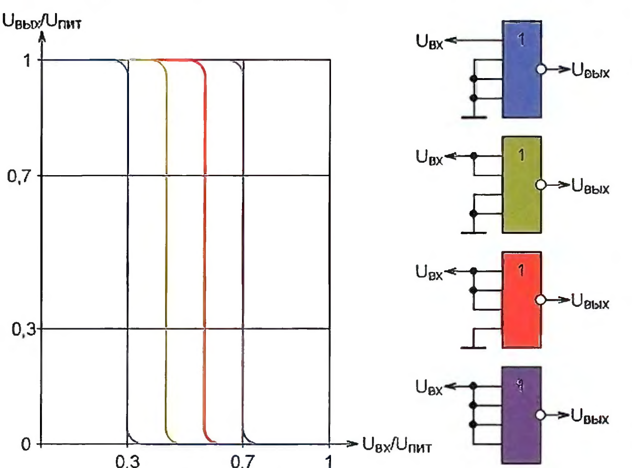
Обрыв одной из фаз практически не изменяет токи в ветвях выпрямителя, подключённых к исправным фазам. Но в резисторе R4 будут суммироваться уже не три, а только две составляющих. Следовательно, напряжение на входе АЦП уменьшится на одну треть.

Этот умозрительный вывод был проверен моделированием рассмотренного узла с помощью программы Micro-Cap 12.2.0.2. Оно показало, что при исправности всех фаз на вход АЦП поступает постоянное напряжение 3,37 В. При обрыве одной (любой) фазы оно уменьшается до 2,25 В, а при обрыве двух фаз — до 1,13 В.

4. **Ответ — 0.** Микросхема DA1 MAX9938F [2] совместно с измерительными шунтами (резисторами R1 и R3) служит датчиком тока. На её выходе OUT формируется постоянное напряжение, пропорциональное току I_x. Предел его измерения микроконтроллер может изменять программно. Если на его выходе, к которому подключён затвор полевого транзистора VT1, программа установила низкий уровень или перевела этот выход в режим высокоомного входа, p-канальный транзистор VT1 открыт, и ток через резистор R3 не течёт. Измерительным шунтом служит только резистор R2 плюс малое сопротивление открытого канала транзистора.

При высоком уровне напряжения на входе П транзистор VT1 закроется. Теперь сопротивление шунта определяется в основном резистором R2, поэтому предел измерения уменьшается приблизительно в 1000 раз.

5. **Ответ — 0.** Максимальное напряжение, которое может измерить АЦП, равно его образцовому напряжению, а последнее не может быть больше VCC — напряжения питания микроконтроллера. Поэтому "напрямую" измерить напряжение аккумулятора G1, питающего микроконтроллер, с помощью его АЦП нельзя. Предварительно это напряжение нужно уменьшить. Проще всего — с помощью резистивного делителя напряжения, заменив в схеме из вопроса параллельный интегральный стабилизатор DA1 TL431ACLP обычным резистором. Но в этом случае уменьшится и вызванное разрядкой элемента абсолютное изменение напряжения на входе АЦП, т. е. увеличится относительная погрешность его измерения. Именно для повышения точности измерения в верхнее плечо делителя установлен не резистор, а параллельный стабилизатор, который в рассматриваемом случае ведёт себя как стабилитрон, на котором независимо от напряжения элемента G1 падает 2,5 В ±1 %. Абсолютное изменение напряжения на входе АЦП теперь остаётся таким же, как на самом аккумуляторе G1, а относительное его изменение возрастает примерно в три раза.



Для экономии энергии нижний по схеме вывод резистора R1 микроконтроллер подключает к минусовому выводу аккумулятора G1 только на время измерения, устанавливая на своём выходе логически низкий уровень напряжения. При высоком уровне на этом выходе ток через стабилизатор DA1 и резистор R1 не течёт.

6. **Ответ — 0.** К магниточувствительным элементам относят такие, параметры которых зависят от направления и напряжённости магнитного поля, в котором они находятся. Это магниторезисторы, магнитодиоды, магнитотранзисторы, магнитотиристоры. В микросхеме цифрового компаса HMC6352 в качестве датчиков магнитного поля Земли использованы магниторезисторы. Под действием этого поля изменяется их сопротивление. Снимаемые с них сигналы усиливаются и преобразуются в цифровой код угла между направлением магнитного поля и условной осью микросхемы, передаваемый в микроконтроллер по интерфейсу I²C.

7. **Ответ — 1.** Аналоговые датчики относительной влажности HIH-4000-004 [3] откалиброваны на заводе-изготовителе при напряжении питания +5 В. К каждому экземпляру такого датчика изготовитель прикладывает протокол калибровки, в котором указаны точные значения коэффициентов формулы, по которой измеренное значение выходного напряжения датчика переводят в проценты относительной влажности без дополнительной калибровки. Использовать эти датчики при другом напряжении питания позволяет тот факт, что они логометрические (ratiometric). Это означает, что показания такого датчика изменяются прямо пропорционально напряжению питания. Поэтому, если питать датчик и микроконтроллер от общего источника и использовать напряжение питания в качестве образцового напряжения АЦП (а такая возможность предусмотрена в большинстве микроконтроллеров), результат измерения относительной влажности не будет зависеть от напряжения питания. К сожалению, допустимый интервал его изменения ограничен — 4,6...5,8 В. Напряжение 3,3 В находится за его пределами, поэтому питать датчик таким напряжением нельзя.

8. **Ответ — 1.** Напряжение, которое можно подавать на входы ОУ, обычно лишь немногим больше напряжения питания или меньше его. Однако входы специализированного ОУ LT1494CN8 выдерживают напряжение до 36 В без нарушения работоспособности ОУ. Это позволяет использовать его как усилитель слабых сигналов, действующих в цепях, находящихся под таким напряжением, питая сам ОУ значительно меньшим напряжением. В вопросе приведена схема датчика тока в цепи, находящейся под напряжением +U, в котором ОУ питается напряжением +5 В.

9. Ответ — 0. Одним из способов определить "подсевший" гальванический элемент или аккумулятор — измерить, как изменится напряжение между его зажимами при кратковременной нагрузке большим током. В рассматриваемом узле каждый из двух соединённых последовательно элементов G1 и G2 может быть отдельно нагружен низкоомным резистором R1 или R2 через открытые транзисторы VT1 или VT2. При этом АЦП микроконтроллера измеряет напряжение в точке соединения элементов. По характеру и степени его изменения программа микроконтроллера может сделать вывод о степени разряженности как одного, так и другого элемента и оценить оставшийся в них запас электроэнергии. Например, чтобы нагрузить элемент G2, следует подать на входы У1 и У2 высокие логические уровни напряжения. Это закроет p-канальный полевой транзистор VT1, но откроет n-канальный полевой транзистор VT2, который подключит резистор R2 к элементу G2, а элемент G1 останется без дополнительной нагрузки. При низких уровнях на обоих входах состояния транзисторов VT1 и VT2 сменятся противоположными. Дополнительно нагруженным окажется элемент G1. Чтобы разгрузить оба аккумулятора, на входе У1 нужно установить высокий уровень, а на входе У2 — низкий.

10. Ответ — 0. Мощность, отдаваемую в нагрузку, в рассматриваемом случае можно вычислить как произведение удвоенного значения напряжения на входе канала АЦП1 на ток I_x, который, в свою очередь, находят как удвоенную разность напряжений на входах каналов АЦП2 и АЦП1, делённую на сопротивление резистора R3. Следовательно, канал АЦП1 участвует как в измерении напряжения, так и тока, а следовательно, и мощности. Строго говоря, из вычисленной таким образом отдаваемой в нагрузку мощности нужно вычесть мощность, рассеиваемую на резисторах R4 и R5.

11. Ответ — 0. Контроллер сенсорного датчика — микросхема QT113 измеряет не ёмкость сенсорной площадки E1, не наведённое на неё напряжение, а перенесённый на эту площадку электрический заряд. В связи с этим датчик "чувствует" приближение к пластине E1 руки в перчатке через стекло толщиной до 100 мм, пластик толщиной до 20 мм, а также через камень, керамику или дерево. Датчик устойчив к повышенной влажности и каплям воды.

О прикосновении сигнализирует смена высокого уровня на выводе 2 микросхемы низким, который удерживается в течение всего прикосновения, но не более установленного коммутацией выводов 3 и 4 времени. Если оба этих вывода соединены с источником питания, это время — 10 с.

12. Ответ — 1. Микросхема датчика тока INA198 преобразует разность потенциалов выводов 4 и 5 (падение напряжения на резисторе R1) в напряжение между выводом 1 и общим проводом. Коэффициент преобразования — 100.

При токе 50 мА на резисторе R1 сопротивлением 1 Ом падает напряжение 50 мВ. Следовательно, на выходе микросхемы должно быть получено напряжение 5000 мВ = 5 В. Но при напряжении её питания 3,3 В это невозможно.

Исправить положение можно заменой микросхемы INA198 на INA197, у которой коэффициент преобразования в два раза меньше. Выходное напряжение при токе 50 мА станет равным 2,5 В. Такой же эффект даст уменьшение сопротивления резистора R1 до 0,5 Ом.

13. Ответ — 0. При измерении разности двух напряжений с использованием обычных входов АЦП приходится делать два цикла измерения и вычислять разность их результатов. Это плохо тем, что за время между измерениями одно или оба напряжения могут измениться, в том числе под действием помех, что приведёт к дополнительной погрешности измерения. При использовании дифференциального входа на собственно АЦП поступает уже определённая аналоговым способом разность потенциалов, для измерения которой достаточно одного цикла работы преобразователя. Это устраняет погрешности, связанные с неодновременным измерением уменьшаемого и вычитаемого, и подавляет синфазные помехи.

14. Ответ — 0. Микроконтроллер способен обрабатывать сигналы частотой не более единиц или десятков мегагерц. Если нужно регистрировать более высокочастотные сигналы, например, сантиметрового диапазона волн, их нужно сначала перенести в доступный микроконтроллеру диапазон. Например, с помощью простейшего амплитудного детектора, которым в устройстве, опубликованном в [4], служит СВЧ-диод VD1. Снятый с него уже низкочастотный сигнал (огибающую принятого) усиливает ОУ DA1.1. Максимальная частота, на которую "откликается" устройство, зависит от свойств этого диода. Для диода Д3Б — не более 5,5 ГГц (длина волны — 5,4 см).

Но, строго говоря, частотный диапазон эффективной работы прибора определяется конструкцией и свойствами его антенны WA1.

15. Ответ — 1. Многие транзисторы, выпускавшиеся в первые годы после освоения их производства, отличаются тем, что их кристаллы не имеют покрытий, защищающих от воздействия факторов окружающей среды. Эти функции выполняли герметичные металлические корпусы этих транзисторов. Если вскрыть корпус такого транзистора, можно обнаружить, что его коллекторный ток изменяется, например, под действием видимого света.

Пока специально разработанные фотодиоды и фототранзисторы не стали доступными радиолюбителям, они с успехом использовали в качестве датчиков освещённости обычные транзисторы, спиливая крышки их корпусов. Обратите внимание, что в приведённой в вопросе схеме самодельный фототранзистор включён инверсно — его коллектор и эмиттер поменяли местами, что несколько увеличило его чувствительность к свету.

К сожалению, такие датчики недолговечны. Содержащийся в воздухе водяной пар и другие химически активные примеси постепенно разрушают тонкую структуру ничем не защищённого полупроводникового кристалла, и прибор становится неработоспособным.

16. Ответ — 1. ОУ DA1.1 в рассматриваемом случае служит компаратором напряжения с программно регулируемым порогом. Входное напряжение $U_{вх}$ он сравнивает с образцовым, формируемым микроконтроллером с помощью ШИМ. Фильтр R2R3C1 подавляет импульсную составляющую образцового напряжения, выделяя постоянную, равную напряжению питания микроконтроллера 5 В, умноженному на коэффициент заполнения импульсов K и на коэффициент передачи делителя напряжения R2R3. Поскольку напряжение на любом из входов ОУ LM358N не должно превышать значения, на 1,5 В меньшего напряжения на плюсовом выводе питания ОУ, максимально допустимый коэффициент заполнения импульсов ШИМ равен:

$$K_{max} = \frac{5 - 1{,}5}{5} \cdot \frac{R2 + R3}{R3} \cdot 100\,\% = 84\,\%.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. **Борисевич К.** Помехоустойчивость КМОП-элементов. — Схемотехника, 2007, № 5, с. 16—18.

2. MAX9938 nanoPower, 4-Bump UCSP/SOT23, Precision Current-Sense Amplifier. — URL: **https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX9938.pdf** (23.04.20).

3. HIH-4000 Series Humidity Sensors. — URL: **https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-hih4000-series-product-sheet-009017-5-en.pdf** (23.04.20).

4. **Концевич А.** Индикатор излучения СВЧ-печи. — Радио, 2003, № 3, с. 43.

Мемориал А. С. Попова 2020 — итоги

(см. статью на с. 51)



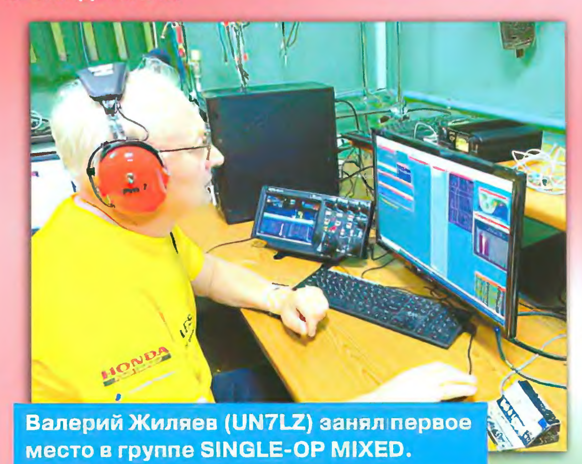
Виктор Кондратьев (UA6CC) показал лучший результат в группе SINGLE-OP CW.



Александр Бойко (US-Q-2115) — единственный участник в группе наблюдателей.



Команда коллективной радиостанции ДОСААФ RC9J, слева—направо: Алексей Зотов (R9JR) и Александр Умаров (R9JE).



Валерий Жиляев (UN7LZ) занял первое место в группе SINGLE-OP MIXED.

Команда радиостанции R0AK Центра творчества и развития "Планета талантов" (Григорий Аникин и Анастасия Дорохова).



Александр Чуркин (RM4HZ) победил в группе SINGLE-OP SSB.



Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала 2020 г. (с 7-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 330 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 2400 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 3400 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 2700 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 3750 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 50 USD, на год — 100 USD.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	240 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	260 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	280 руб.
2016	1—12	110 руб.	180 руб.	310 руб.
2017	1—12	185 руб.	255 руб.	365 руб.
2018	1—12	220 руб.	310 руб.	420 руб.
2019	1—6	260 руб.	350 руб.	460 руб.
2019	7—12	280 руб.	370 руб.	480 руб.
2020	1—6	300 руб.	390 руб.	500 руб.
2020	7—12	330 руб.	420 руб.	570 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы и наборы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"



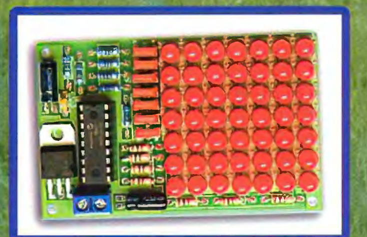
"Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П"



"USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910"



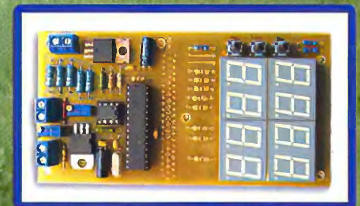
"Программируемый термостат"



"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"



"Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676"



"Цифровое устройство защиты с функцией измерения"

https://kits.radio.ru